

# Zastoupení mastných kyselin v semenech lničky seté (*Camelina sativa*)

Bc. Michal Macek

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal MACEK**

Osobní číslo: **T08807**

Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Zastoupení mastných kyselin v semenech Lníčky seté (Camelina sativa).**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část:

- Zpracovat literární rešerži o Lníčce seté (obecná charakterizace této olejninu, její použití, možnosti stanovení mastných kyselin v této olejnině, její výhody, či nevýhody oproti ostatním olejninám).

### II. Praktická část:

- Nalezení nejvhodnější metody homogenizace vzorku a metody pro stanovení mastných kyselin v Lníčce seté.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] STRAŠIL, Z.: **Základy pěstování a možnosti využití lničky seté. Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008, 25 s., ISBN 978-80-87011-75-1**
- [2] ZUBR, J.: **Oil-seed crop: camelina sativa, Industrial Crops and Products, 1997, 6, 113-119.**
- [3] NARASIMBULU, S.B, KIRTI, P.B., BHATT, S.R., SHYAM PRAKASH, CHOPRA, V.L.: **Intergenetic protoplast vision between Brassica carinata and Camelina sativa. Plant Cell Reports, 1994, 13, 657 -- 660.**
- [4] ZUBR, J.: **Qualitative variation of Camelina sativa seed from different locations. Industrial Crops and Products, 2003, 17, 161-169.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimír Mrkvička, Ph.D.**

Ústav chemie

Datum zadání diplomové práce: **4. ledna 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2010**

Ve Zlíně dne 8. dubna 2010

  
doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
děkan



  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
ředitel ústavu

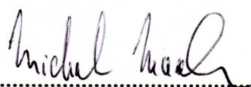
**Příjmení a jméno:** Macek Michal      **Obor:** Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 3.5.2010

  
.....



---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

V teoretické části této práce byla charakterizována olejní lnička setá (*Camelina sativa*) a její využití z nutričního i technologického hlediska. V praktické části této práce byly stanoveny mastné kyseliny ve vzorcích lničky a jejich obsah byl sledován v závislosti na kombinacích hnojení. Pro stanovení vzorků byla nalezena a optimalizována metoda esterifikace mastných kyselin s následným využitím GC-FID. Z výsledků této práce vyplývá, že jako nejvhodnější pro pěstování byla vyhodnocena kombinace hnojení N2S2 (0,9 g/nádoba  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 45 mg/kg zeminy  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), u níž byl zjištěn z hlediska výživy nejvyšší obsah všech významných mastných kyselin, zejména pak kyseliny olejové, linolové a linolenové. Naopak jako nejméně vhodné se ukázaly kombinace hnojení N2S0 a N3S0.

Klíčová slova: hnojivo, *Camelina sativa*, mastné kyseliny, GC-FID.

## **ABSTRACT**

There was described oil bearing crop *Camelina sativa* in theoretical part of this theses and its usage from nutritive and technological aspect. There were determined fatty acids in practical part of this theses and their volume was observed in relation to combination of fertilization. There was discovered and optimized a method of fatty acids esters esterification with post-utilization on GC-FID for *Camelina* samples determination. Results of this theses show, that the most acceptable combination of fertilization for cultivation is N2S2 (0,9 g/pot  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 45 mg/kg soil  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), because of the largest content of nutritionally important fatty acids, e.g. oleic, linolic, linoleic acids. Whereas like at least acceptable combination of fertilization was evaluated N2S0 and N3S0.

Keywords: fertlizer, *Camelina sativa*, fatty acids, GC-FID.

Děkuji vedoucímu práce Ing. Vladimíru Mrkvičkovi, Ph.D., za odborné a systémové vedení při zpracování mé diplomové práce, dále za konzultace a cenné rady, díky kterým jsem tuto práci mohl dokončit.

Také bych rád poděkoval Ing. Markétě Šípalové za odbornou spolupráci a poskytnuté informace. Rád bych poděkoval i své rodině za podporu při studiu a tuto diplomovou práci věnuji svému otci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA OLEJNIN .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBECNÁ A BIOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA LNIČKY .....</b>	<b>13</b>
2.1 ODRŮDY LNIČKY SETÉ.....	14
2.2 PĚSTOVÁNÍ LNIČKY .....	15
2.2.1 Výživa a hnojení.....	16
2.2.2 Ochrana rostlin .....	17
2.2.2.1 Ochrana proti škůdcům.....	18
2.2.2.2 Ochrana proti chorobám .....	18
2.2.2.3 Regulace zaplevelení .....	18
<b>3 LIPIDY – ROZMANITÉ HYDROFOBNÍ MOLEKULY.....</b>	<b>20</b>
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LIPIDŮ .....	20
3.2 ESENCIÁLNÍ MASTNÉ KYSELINY .....	21
3.3 LIPIDY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA .....	22
3.3.1 Nasycené mastné kyseliny (SFA).....	23
3.3.2 Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA) .....	23
3.3.3 Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA).....	23
3.3.4 Trans-izomery mastných kyselin.....	24
<b>4 LNIČKOVÝ OLEJ.....</b>	<b>26</b>
4.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA .....	26
4.2 SLOŽENÍ LNIČKOVÉHO OLEJE.....	26
4.2.1 Obsah volných mastných kyselin .....	30
4.3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ LNIČKOVÉHO OLEJE .....	30
<b>5 MOŽNOSTI STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN V OLEJÍCH.....</b>	<b>32</b>
5.1 SB-ATR-FTIR.....	32
5.2 GLC.....	32
5.3 GC – FID .....	33
5.4 HPLC.....	34
5.5 CE 34	
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>6 CÍL PRÁCE .....</b>	<b>37</b>
<b>7 VZORKY.....</b>	<b>38</b>
7.1 CHARAKTERISTIKA VZORKŮ .....	38
7.2 ZPŮSOB HNOJENÍ VZORKŮ .....	38
<b>8 STANOVENÍ VZORKŮ.....</b>	<b>40</b>



8.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE .....	40
8.2	STANDARDS .....	40
8.3	DEZINTEGRACE SEMEN LNIČKY A ESTERIFIKACE MASTNÝCH KYSELIN .....	40
8.4	ANALÝZY ESTERŮ POMOCÍ GC-FID .....	41
8.5	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ .....	43
<b>9</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>44</b>
9.1	MASTNÉ KYSELINY STANOVENÉ PŘI POKUSU A JEJICH ZASTOUPENÍ V ZÁVISLOSTI NA KOMBINACI HNOJENÍ .....	44
9.2	OBSAH JEDNOTLIVÝCH MASTNÝCH KYSELIN V ZÁVISLOSTI NA KOMBINACI A HNOJENÍ.....	49
9.2.1	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny tridekanové.....	49
9.2.2	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny myristové.....	50
9.2.3	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny palmitové.....	51
9.2.4	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny stearové .....	52
9.2.5	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny olejové.....	53
9.2.6	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny linolové .....	54
9.2.7	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny $\alpha$ -linolenové .....	55
9.2.8	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny arachidové .....	56
9.2.9	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny eikosenové.....	57
9.2.10	Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny eikosadienové.....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>71</b>

## ÚVOD

Lnička setá (*Camelina sativa*) bývala dříve hojně využívána a na tuto tradici se dnes snaží výrobci olejů, paliv, kosmetiky i jiných výrobků navázat.

Výroba olejů patří k tradičním perspektivním oborům, neboť mají nezastupitelnou roli při gastronomické úpravě potravin, poskytují cenné nutriční látky pro lidské tělo či z nich nebo jejich derivátů lze vyrábět kosmetické i mnohé jiné výrobky. Přestože je tuk zdroj, ze kterého může lidské tělo získat největší množství energie (spálením 1g tuku se získá 37,5 kJ), jeho průměrné zastoupení ve výživě člověka by dle WHO nemělo překročit 30 % celkové dávky energie. Ve vyspělých zemích se konzumuje mnohem více tuků, než je doporučeno. Tuky jsou velmi atraktivní téma k diskusi. Články v médiích, ať již tištěných či elektronických, se objevují snad každý týden. Největší prostor je věnován obecné konzumaci tuků a v různých člancích, určených především laické veřejnosti, se setkáváme s pseudo či příliš striktními radami. Proto s rostoucí spotřebou smažených výrobků a vyšším příjmem tuků v naší stravě je stále důležitější pečlivěji vybírat oleje, které mají zejména vysoký obsah polynenasycených mastných kyselin a obsahují i další látky lidskému tělu prospěšné.

Olej ze semen lničky seté je významný svým vysokým obsahem mono a polynenasycených mastných kyselin, zejména kyselinou olejovou, linolovou a linolenovou, jejichž kvantitativní i kvalitativní zastoupení bylo v této diplomové práci zkoumáno.

V práci jsou dále uvedeny také možnosti stanovení mastných kyselin a základní principy při aplikaci těchto metod.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA OLEJNIN

Lidé přežili na Zemi až do dnešních dnů převážně proto, že se stali lovci a sběrači. Teprve za posledních 10 000 let se naučili pěstovat rostliny a chovat zvířata. Během této doby byl pokrok v pěstování takový, že mohlo být zemědělství přetransformováno pro potřeby dnešního lidstva. Současné plodiny jsou již téměř výtvorem lidstva. Lidé již bez nich nemohou přežít, ale také některé rostliny nemohou přežít bez péče lidí [17].

Několik tisíc druhů rostlin z různých taxonů může při pěstování poskytovat potravinářsky nebo technicky využitelný olej. Prakticky je v různých částech světa využíváno asi 100 druhů. Oleje a tuky se nejčastěji vyskytují v semenech (řepka, slunečnice, sója) a plodech (oplodí olivy), kde tvoří zásobní látky. Vzácně jsou oleje ve využitelném množství také v jedlých hlízách (šáchor jedlý). Mezi významné olejininy patří nejenom jednoleté byliny (řepka, slunečnice, mák), ale i dřeviny (stromy: oliva, palma olejová; keře: líska, jojoba). Oleje a tuky produkované rostlinami jsou oproti živočišným tukům levnější, mají nižší nároky na zemědělskou půdu (stejně množství se získá na asi 1/3 plochy potřebné pro živočišnou produkci) a jsou dieteticky vhodnější (mají vyšší podíl nenasycených mastných kyselin, neobsahují cholesterol). V Evropě byla v historii nejvýznamnější olejinou oliva evropská, která je ve středozemní oblasti intenzivně pěstována již od období antiky. Do chladnějších oblastí Evropy však nikdy nepronikla. Od neolitu (mladší doba kamenná) je v různých částech Evropy pěstován mák a len [3]. Za hospodářsky nevýznamné olejininy z hlediska produkce oleje, které lze pěstovat v našich podmínkách, lze považovat druhy: hořčice bílá (*Sinapis alba L.*), hořčice černá (*Brassica nigra L.*), hořčice sareptská (*Brassica juncea (L) Czern.*), světlice barvířská (*Carthamus tinctorius L.*), lnička setá (*Camelina sativa L.*), katrán habešský (*Crambe abyssinica Fries*), roketa setá (*Eruca sativa Mill.*) ředkev olejná (*Raphanus sativus L.*), madie setá (*Madia sativa L.*), tykev olejná (*Cucurbita pepo L.*), konopí seté (*Cannabis sativa L.*), perila (*Perilla ocimoides L.*) [57]. Tuky a oleje náležejí svým významem mezi základní potraviny. Vzhledem k snadné izolaci z přírodního materiálu se oleje a tuky používaly a používají, vedle výživy, v kosmetice, medicíně a pro technické účely. Nutriční i chemo-technické užití, závislé na požadované kvalitě, je důležité pro účely jejich využití. Typicky nutriční použití preferuje oleje s vyváženou skladbou mastných kyselin, hlavně s 18 atomy uhlíku a s jednou nebo dvěma dvojnými vazbami v poloze 9 a 12. Tyto molekuly jsou snadno asimilovány do živočišných lipidů a tvoří jednu z hlavních součástí látkového a energetického metabolismu [15].

## 2 OBECNÁ A BIOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA LNIČKY

Lnička setá (*Camelina sativa*) je jednoletá, zřídka ozimá bylina [1]. *Camelina sativa* patří do kmene *Sisymbrieae* z čeledi *Brassicaceae* [13]. Prakticky se vyskytuje jako jednoletý plevel v celé Evropě [10]. Tato početná čeleď zahrnuje jednoleté až vytrvalé byliny. Listy jsou nejčastěji střídavé, jednoduché, celistvé nebo členěné až složené, bezpalisté. Květy oboupohlavné, pravidelné, nejčastěji bílé nebo žluté, také růžové až fialové. Plod je suchý, nejčastěji pukavý (šešule, šešulka) nebo nepukavý [2].

Podle nálezů plodů a semen byla člověkem využívána již v mladší době kamenné lnička drobnoplodá (*C. microcarpa* Andr.) [3], která se vyskytovala jako plevelný druh v porostech lnu [1]. To dokládá objev semen lničky v žaludku člověka, který byl nalezen v rašelině na severovýchodě Dánska [4]. Muž byl zahrabán v močálu asi v letech 400 B.C.–100 A.D. Tomu byl posléze vyčerpán a zkoumán obsah žaludku a střev. Byla nalezena semena a zlomky semen *Camelina linicola* [5]. V archeologických výkopech ve Skandinávii a v západní Evropě byla nalezena semena a tobolky *Camelina sativa* ssp. *C. linicola* z doby bronzové (1500–400 B.C.) a z doby železné (400 B.C.–500 A.D.) [5]. Na Moravě byla nalezena semena lničky pocházející z 8.–9. století na slovanském hradišti u Mikulčic. První písemné zmínky o využití lničky jako potraviny pocházejí z Francie ze 16. století [4]. *Camelina sativa* byla v Evropských zemích a Rusku pěstována jako zemědělská plodina i před druhou světovou válkou [5]. Na Moravě byla doporučována již v roce 1847 a v letech 1935 až 1936 byla zařazena do pokusů semenářské sekce Zemského výzkumného ústavu zemědělského v Brně. V 50. letech minulého století se u nás pěstovala asi na 3 000 ha, postupně však od toho bylo upuštěno. Po vyšlechtění nových odrůd, zejména v Německu, se nyní rozšiřuje jako alternativní olejnína v zemích západní Evropy [11].

Lnička setá je vysoká 60–120 cm s řídko hroznovitým květenstvím. Větvení je závislé na hustotě porostu. Při velmi řídkém porostu začínají jedinci větvit na spodní lodyhy, při hustém sponu větví ve výšce 2/3 lodyhy. Kořen je křivý až přes 10 mm tlustý [1] a vytváří velký počet kořenů postranních, které jsou rozloženy převážně v orniční vrstvě [6], lodyhy přímé, již od báze bohatě větvené plně zaobleně hranaté, řídko až hustě chlupaté. Dolní lodyžní listy jsou značně proměnlivé, dlouze řapíkaté. Střední děložní listy jsou přisedlé, celokrajné, střelovité, vyšší listy přisedlé úzce obkopynaté, s okrajem velmi mělce zvlněným až řídko oddáleně zubatým. Všechny listy jsou na okraji hustě, na ploše čepelí řídko chlupaté [1]. Hroznovité květenství s 20 až 40 květy citrónově žluté až sytě žluté při-

pomíná květy ostatních příbuzných brukvovitých druhů [6]. Květy jsou na dlouhých, šikmo odstálých stopkách, kališní lístky podlouhlé, úzce bíle lemované. Šešule jsou široce obvejcovité až hruškovité, nafouklé bez čnělky ani za zralosti nepukavé [1]. Drobná semena, jsou uložena v nepukavých šešulkách ve dvou řadách [7]. HTS se pohybuje v rozmezí 0,8–2,0 g [23]. Semena jsou elipsoidní, jemně hrbolatá, světle kávově hnědá až skořicová, bez endospermu. Počet chromozomů:  $2n=40$ . Druh je hmyzosubný (pyl přenáší hlavně včely). Rod *Camelina* zahrnuje pět druhů, z nichž jen *Camelina sativa* se vyvinula do kulturní podoby. U tohoto druhu se rozlišují čtyři poddruhy – *microcarpa* (maloplodá), *pilosa* (ozimá), *sativa* (setá, nejčastěji pěstovaná), *olentata* (velkoplodá) [1].



Obr. 1 *Camelina sativa* dle [8].

## 2.1 Odrůdy lničky seté

Malý zájem o pěstování lničky v nedávné minulosti se projevuje tím, že v současné době v databázi ÚKZUZ je v seznamu odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize ke dni 1.10.2007 uvedena jediná odrůda lničky - Vega (rok zápisu 2002). V nedávné minulosti byla na seznamu povolených odrůd ve Státní odrůdové knize odrůda Hoga, která však byla ze seznamu vyškrtnuta. Pro pěstování lničky lze osivo získat ze zahraničí. Níže jsou uvedeny další odrůdy lničky, které pocházejí z různých států.



**Některé odrůdy lničky pěstované v okolních státech:**

Boha (DK), Lindo (SRN), Bronowska (PL), Omskaja (SU), Camé (SE). Sortadinskij (SU), Czenstochovska (PL), Svalöf (DK), Hoga (DK), Ukrajinskaja (SU), Kirgizskaja (SU), VIR 4158 (SU), Voronezskaja (SU), Wroclawska (PL), Zarja socializma (SU), Zavolzka (SU).

Lnička patří mezi velmi plastické druhy podobně jako řepka. U řepky se během krátké doby vyšlechtily odrůdy s velmi rozdílným obsahem mastných kyselin, podle požadavků se výnos podstatně zvýšil. Při cílevědomém šlechtění by se zřejmě dosáhlo podobných výsledků i u lničky [1]. Nové pokroky v křížení vyprodukovaly nové varianty se zvýšeným potenciálem výnosu úrody, zlepšily kvalitu semen, zvýšily odolnost proti poléhání a tříštění a zvýšily odolnost proti *Peronospora parasitica* [14].

**2.2 Pěstování lničky**

Lnička je velmi skromná plodina [7]. Může být pěstována jako každoroční jařina nebo půlroční ozim. Úroda je flexibilní a lnička může být pěstována s úspěchem v různých klimatických a půdních podmínkách [5]. Rostlinu lze pěstovat i na chudých půdách bez nároků na agrotechniku [3]. Hodí se téměř pro všechna stanoviště (jak pro nížiny, tak i pro podhůří). Nedaří se jí na těžkých, kyselých, zamokřených a zaplevelených stanovištích. Na velmi úrodných půdách někdy poléhá [7]. Nejlépe jí vyhovují chudší, lehké, hlinité a hlinitopísčité půdy. Podle zkušeností z Irska se jí daří dobře i na silně kamenitých půdách [1]. Dává jistý výnos semene [7]. Jako předplodina je nejlepší luskovina nebo organicky hnojená okopanina [11]. Kromě počáteční potřeby vláhy je velmi odolná vůči suchu a dobře snáší i nízké teploty v počátečních fázích růstu [7]. Bramm *et al.* (1990) zjistili, že lnička je schopna kompenzovat počáteční vláhový deficit lépe než len nebo mák [11].

Mladé rostlinky jsou velmi odolné vůči nízkým teplotám. Uvádí se, že nejsou poškozovány ani při poklesu teplot na -15 °C. [1]. Odolává značně chorobám a škůdcům. Patří k nejranějším plodinám. Špatně vzchází na půdách náchylných k tvorbě půdního škraloupu, neboť má drobné semeno. Má krátkou vegetační dobu, v průměru asi 3,5 měsíce. Dá se pěstovat jako hlavní plodina nebo meziplodina [7]. Výnos semen se pohybuje v rozmezí 2–3 t/ha [26], produkce celkové nadzemní fytomasy je 1,1–8,3 t/ha [7]. Pěstování úrody je jednoduché a šetrné k životnímu prostředí. Není téměř potřebná žádná aplikace herbicidů a pesticidů [14]. Lnička je vhodnou plodinou pro trvale udržitelné zemědělství vzhledem k

minimálním požadavkům na zpracování půdy, k vysoké konkurenceschopnosti s plevely a díky vegetačnímu pokryvu půdy přes zimní období [11]. Vícenásobné výhody pěstování, týkající se prostředí a agrotechniky, jsou dalším přínosem pro univerzální použitelnost produktů z úrody [14]. Kvalitativní vlastnosti semínek lničky jsou proto důležitou charakteristikou pro marketing a při zpracování této rostliny v konkurenci s dalšími olejninami [31].

### 2.2.1 Výživa a hnojení

Lničku lze zařadit k plodinám vhodným pro low input systémy, tj. pěstování při nízkých vstupech do produkčního procesu (nízké dávky hnojiv a pesticidů). Na dobře zásobených půdách živinami se lnička obejde i bez hnojení [1]. Její nároky jsou podobné jako u ostatních křížatých rostlin se stejným výnosovým potenciálem [11]. Vzhledem k velmi krátké vegetační době postačí jen hnojení před setím. Minerální fosforečná a draselná hnojiva se aplikují na podzim i k předplodině. Obvykle postačí dávky 30-40 kg/ha  $P_2O_5$ , tj. např. 170 až 220 kg/ha superfosfátu a 40-60 kg/ha  $K_2O$ , tj. 70-100 kg/ha 60% draselné soli.

**Dusíkatá hnojiva** se u ozimých i jarních forem aplikují až na jaře. Podle literárních údajů se dávky dusíku ke lničce pohybují v rozmezí 20-60 kg/ha. Z polních pokusů lze konstatovat, že na úrodných půdách dochází již při dávkách N 80 kg/ha k poléhání lničky, zvláště ozimých forem, jejichž rostliny jsou vyšší v porovnání s jarními formami. Z těchto dlouhodobých pokusů také vyplývá, že na úrodných živinami bohatých půdách lze u lničky bez aplikace dusíkatých hnojiv dosáhnout uspokojivých výnosů semene. Na méně úrodných půdách se při dávce N 80 kg/ha výnosy semene lničky zvyšovaly o 80-90 % oproti parcelám bez hnojení N. Použití organických hnojiv (hnůj, kejda) se přímo k lničce nedoporučuje [1]. Aplikace dusíku ovlivňuje výnosotvorné prvky, výnos semene, obsah oleje, obsah proteinu i složení mastných kyselin [66]. Obsah oleje a složení mastných kyselin zkoumal v podmínkách ČR Stražil (1997) a z jeho výsledků vyplývá, že hnojení dusíkem nemělo významný vliv na tyto parametry [11].

**Síra** je významný makroelement, na který jsou olejninu zpravidla vysoce náročné z hlediska úrovně výnosu i obsahu oleje v semeni. Omezené vstupy síry z hnojiv i z atmosféry (emise  $SO_2$ ) přispěly v České republice v posledních cca 20 letech k prohlubování její deficiencie u plodin. Utilizace dusíku z hnojiv je v plodinách deficitních sírou tlumena. To může mít za následek zvýšení úniku dusíku do prostředí, zvláště vyplavením nitrátů do hydrosféry nebo volatilizací do atmosféry. Stupňující se dávky dusíku při

deficitu síry zesilují její nedostatek, a tím dochází k další redukci výnosu. Problematice hnojení lničky seté sírou byla dosud věnována malá pozornost a výsledky vlivu aplikace síry, resp. síry a hořčiku na výnos semene lničky seté nejsou jednoznačné. Hnojiva se sírou se přesto ve výživě a hnojení lničky uplatňují, o čemž svědčí předseťová aplikace gypsu v dávce 250 kg/ha jako standardní hnojařské opatření [66].

Tab. 1 Odběr živin sklizní při produkci 1 tuny sušiny lničky seté (kg) dle [1]

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>Semeno</b>	27,1	5,0	6,3	5,9	1,5
<b>Sláma</b>	11,1	2,0	6,4	8,3	1,0
<b>Celkem</b>	38,2	7,0	12,7	14,2	2,5

### 2.2.2 Ochrana rostlin

Ochrana lničky seté proti chorobám a plevelům není u nás zatím dostatečně propracována vzhledem k malým osevním plochám. V SRN se uvádí moření osiva a použití herbicidů jako pro řepku. Boj proti škůdcům je prakticky stejný jako u ostatních brukvovitých plodin [1].

Nejčastější choroby a škůdci vyskytující se na lničce dle [1]:

#### **Choroby:**

Plíseň šedá (*Botritis cinerea* Pers.)

Plíseň bělostná (*Albugo candida* Pers.)

Plíseň zelná (*Perenospora brassicae* Gaum.)

#### **Škůdci:**

Dřepčík olejkový (*Psylliodes chrysocephala* L.)

Blýskáček řepkový (*Meligethes aeneus* Fabr.)

Krytonosec lničkový (*Ceutorrhynchus syrites* Germar)

Bejломorka kapustová (*Dasyneura brassicae* Win.)

Květilka zelná (*Delia radicum* L.)

Osenice polní (*Scotia segetum* Den. et Schiff.)

### 2.2.2.1 Ochrana proti škůdcům

Škůdci napadají lničku po celou vegetaci. Jednotlivé druhy však škodí v určitých růstových fázích. Po zasetí to jsou dřepčící, krytonosec, osenice polní apod. Během vegetace škodí na stoncích krytonosec, generativní orgány napadají blýskáček, krytonosec, bejlmorka, mšice apod. Při větším napadení lničky je třeba provést chemické ošetření a to na základě překročení prahu jejich škodlivosti. Při aplikaci insekticidů proti škůdcům je důležitá včasnost zásahu. Při časném výsevu jarních forem lničky rostliny vyrostou, zesílí a jejich stonky ztvrdnou, takže dochází k menšímu poškození rostlin např. dřepčíky. Pro jarní ošetření (koncem března nebo začátkem dubna) se proti krytonosci doporučují aplikace přípravky Nurelle D nebo Talstar 10 EC. V době objevení pupat lze uplatnit proti krytonosci nebo blýskáčkům řepkovým Talstar 10 EC. Na začátku kvetení je možné proti šešulovým škůdcům použít rovněž Talstar 10 EC, před kvetením nebo v květu Karate Zeon [1].

### 2.2.2.2 Ochrana proti chorobám

Základním předpokladem ke snížení výskytu chorob je prevence. K preventivním opatřením patří vhodný osevní postup, odstranění posklizňových zbytků, hlubší orba, moření osiva. Z chorob se na lničce nejvíce vyskytuje plíseň šedá, fomové černání stonku, padlí apod. Při pokusech s lničkou byly z chorob zaznamenány téměř každoročně na všech stanovištích u obou forem lničky nízké nebo střední napadení plísní šedou (*Botritis cinerea*) a *Perenosporou spp.* V některých letech byl zaznamenán slabší výskyt *Alternaria spp.* a *Albugo spp.* U ostatních chorob nebyl zaznamenán silnější výskyt [1].

### 2.2.2.3 Regulace zaplevelení

Lnička má značnou konkurenční schopnost vůči plevelům. Na slabě zaplevelených pozemcích při dobrém založení porostu ji lze pěstovat i bez herbicidů a v krajním případě snese lnička vláčení. Vláčení je nejvhodnější uplatnit ještě u nezapojených porostů lničky ve stadiu 2 až 4 párů pravých listů. Po tomto mechanickém zásahu se lnička velmi rychle vzpamatovává, takže nedochází k jejímu většímu poškození. Proti plevelům je nejlevnější dobrá prevence. Lničku je třeba vysévat na nezaplevelené pozemky. Veškeré chemické zásahy v boji proti plevelům je třeba vést podle zásad integrované ochrany rostlin. V současné době

nejsou oficiálně zatím povoleny žádné herbicidy použitelné při pěstování lničky. Podrobné správné zacházení a podmínky pro aplikaci herbicidů včetně možností kombinace jsou uvedeny např. v katalogu přípravků na ochranu rostlin. Lničku není vhodné pěstovat na pozemcích, kde byly k předplodině aplikovány herbicidy s dlouhodobou působností reziduí [1].

### 3 LIPIDY – ROZMANITÉ HYDROFOBNI MOLEKULY

#### 3.1 Obecná charakteristika lipidů

Lipidy jsou jedinou třídou velkých biologických molekul, které neobsahují polymery. Sloučeniny zvané lipidy jsou vzájemně seskupeny k sobě, protože sdílejí jednu důležitou vlastnost, mají malou nebo žádnou afinitu k vodě. Hydrofobní chování lipidů je založeno na jejich molekulární struktuře. Přestože mohou mít některé polární vazby spojené s kyslíkem, lipidy jsou složeny většinou z uhlovodíků. I když jsou menší než polymerní makromolekuly, jsou lipidy vysoce různorodou skupinou, která se liší jak ve tvaru, tak ve funkci [9].

Lipidy jsou ve větším nebo menším množství přítomny ve všech živočišných a rostlinných buňkách a mikroorganismech, a tedy i ve všech surovinách potravinářského průmyslu. Jejich množství činí nejčastěji 1 až 5 % sušiny. V tabulkách se tuk označuje jako souhrn všech látek získaných extrakcí petroletherem nebo diethyletherem (příp. jinými rozpouštědly) z analyzovaného vzorku [52]. Často se k lipidům řadí i jiné netěkavé lipofilní látky, které v přírodních materiálech lipidy provázejí a přecházejí do lipidové frakce při jejich izolaci [54].

Po chemické stránce jsou to triacyl-deriváty glycerolu (triacylglyceroly, acylglyceroly, TAG), tedy estery glycerolu se třemi karboxylovými kyselinami s dlouhým uhlíkatým řetězcem [16]. Glycerol je alkohol se třemi uhlíky, z nichž každý nese jednu hydroxylovou skupinu [9]. Hydrolýzou olejů vodným hydroxidem sodným tedy dostaneme glycerol a tři mastné kyseliny [16]. Mastné kyseliny je souborný název pro alifatické monokarboxylové kyseliny obecného vzorce  $R-COOH$  [58]. Na jednom konci mastné kyseliny je funkční - karboxylová skupina. Na karboxylovou skupinu je připojen dlouhý řetězec uhlovodíků [9]. Mastné kyseliny mají zpravidla nerozvětvený řetězec se sudým počtem atomů uhlíku, nejčastěji však 12–20 [16], mají většinou alifatický uhlovodíkový řetězec, některé mohou být i alicyklické nebo dokonce aromatické [12]. Při tvorbě tuku se tři mastné kyseliny připojí na glycerol esterovou vazbou, jenž vzniká mezi hydroxylovou a karboxylovou skupinou [9]. Tři mastné kyseliny určitého TAG nemusí být totožné, proto tuk nebo olej z určitého zdroje představuje složitou směs několika různých triacylglycerolů [16]. Mastné kyseliny se liší délkou, počtem a polohou dvojných vazeb. Pokud se mezi atomy uhlíků v řetězci nenachá-



zí žádná dvojná vazba, pak je na uhlíkatou kostru navázáno tolik vodíkových atomů, jak je to jen možné. Tato struktura je označována jako nasycená mastná kyselina.

Nenasycená mastná kyselina obsahuje jednu nebo více dvojných vazeb a v tomto místě bude mít ohyb [9]. Mastné kyseliny se dvěma dvojnými vazbami (dienové) jsou velmi důležité ve výživě člověka. Přestože teoreticky by jich mohlo být více než monoenových MK, v lipidech vyskytujících se v přírodě se jich objevuje v podstatném množství jen několik [12]. V převážné většině rostlinných olejů a tuků se mastné kyseliny skládají z lineárních nasycených řetězců s počtem uhlíků 12–22 a lineárních nenasycených řetězců s 18-ti C a 1–3 dvojnými vazbami. Ačkoli se nenasycené MK normálně vyskytují v *cis* konformaci, mohou se vyskytovat i v *trans* formě, ve které nepříznivě působí na lidské zdraví [50].

### 3.2 Esenciální mastné kyseliny

Esenciální živiny jsou látky, které si lidské tělo nedokáže samo syntetizovat a musí je přijímat z potravy. Člověk a některá zvířata si nedokáží vytvořit mastné kyseliny s dvojnou vazbou ve sloučenině za 9. uhlíkem od karboxylového konce [17]. Mastné kyseliny jsou nejvýznamnější a z hlediska výživy nejdůležitější složkou lipidů. Důležitá pro metabolismus je syntéza vyšších esenciálních mastných kyselin, jejichž prekurzory jsou přijímány potravou [12].

Kyselina linolová (C-18:2) s dvojnou vazbou na 9. a 12. uhlíku a kyselina linolenová (C-18:3) s dvojnými vazbami na uhlících 9, 12 a 15 jsou pro lidskou výživu esenciálními. Tyto MK, které jsou také známy jako omega-6 (linolová) a omega-3 (linolenová), jsou důležitou součástí lidské výživy a zároveň pomáhají při prevenci proti ekzémům, lupénce, vypadávání vlasů, nervovým poruchám, apod. [17]. Novodobé výzkumy lidského zdraví a výživy ukazují, že strava v průmyslově vyspělých zemích má základní nedostatky. Nerovnováha mezi n-6 a n-3 esenciálními polynenasycenými mastnými kyselinami (PUFA) ve stravě má vztah s četností civilizačních chorob. Základní n-3 PUFA jsou důležité pro správnou činnost mozku, očí a srdce a při prevenci kardiovaskulárních onemocnění [18.]

Esenciálními jsou MK pouze v *cis* konformaci. Pokud jsou izomerovány do konformace *trans*, ztrácejí svůj zdraví-podporující význam [17]. V *cis*-kyselinách jsou oba atomy vodíku na dvojně vazbě v poloze sobě bližší, v *trans*-kyselinách se nacházejí na opačných polohách. Tento nepatrný rozdíl se projeví ve tvaru uhlovodíkového řetězce [59]. Mastné

kyseliny jsou syntetizovány v cytoplazmě z dvou nebo tří-uhlíkatých prekurzorů za účasti přenašeče acylových skupin, acetyl-CoA-karboxylázy a NADPH [67]. V lidském těle se tyto kyseliny elongací prodlouží o 2-4 atomy uhlíku a vytvářejí se další dvojné vazby (tzv. desaturace) [12]. V mikrozomálním systému se účastní elongace malonyl-CoA, v mitochondriálním systému acetyl-CoA [67]. Takto vznikají MK s 20-22 atomy uhlíku, které mají 4-6 dvojných vazeb [12]. Odbourávání mastných kyselin  $\beta$ -oxidací v mitochondriích je doprovázeno uvolňováním energie [67]. Esenciální MK mají v organismu nezastupitelnou roli. Jsou totiž prekurzory řady biologicky aktivních látek, které jsou souborně nazývány eikosanoidy, a také jako modulační složky biomembrán, protože ovlivňují jejich fluiditu a flexibilitu [12].

Hlavní zdroje PUFA v lidské stravě jsou kyseliny eikosapentaenová (EPA) a dokosahexaenová (DHA), které jsou obsaženy v mořských živočiších. Zvýšená spotřeba produktů rybolovu a plodů moře, obzvláště pak ryb, které jsou loveny ze znečištěných vod, mohou zvyšovat riziko hromadících se jedů. Jestliže chceme zlepšit rovnováhu mezi n-3/n-6 MK, musí být nalezen zdroj n-3 PUFA mezi plodinami. Touto vhodnou zásobou se zdá být semeno lničky seté, které obsahuje olej bohatý na n-3 PUFA. Lničkový olej je také zajímavý tím, že rostlina, z níž olej pochází, se pěstuje způsobem, který je šetrný k životnímu prostředí bez aplikace pesticidů a herbicidů. Tyto výhody lničkového oleje už rozpoznaly úřady ve Francii, Velké Británii a v Dánsku, kde má olej právní potravinové postavení [18].

### 3.3 Lipidy ve výživě člověka

Při výběru potravin se spotřebitel kromě ceny stále více rozhoduje také podle vlastností, jako jsou sensorická charakteristika, nutriční hodnota, vhodnost či vliv potravin na lidské zdraví. Zvláště energetická hodnota a obsah základních mastných kyselin jsou nedílnými součástmi lidské výživy. Pro moderního spotřebitele neustále vzrůstá význam informací, které se týkají kvality potravin a vztahy mezi výživou a výskytem zejména některých civilizačních nemocí, jako mohou být např. ateroskleróza, obezita nebo nádorová onemocnění. Oleje a tuky představují jednu ze 3 hlavních skupin živin, které přijímáme v potravě [55]. Podle doporučení FAO by se měl na celkovém příjmu energie podílet tuk z 15–30 %, nasycené mastné kyseliny (SFA) méně než 10 % [38].

### 3.3.1 Nasycené mastné kyseliny (SFA)

Jsou obsaženy převážně ve zvířecím tuku, v másle a mléce. Jejich konzumace by neměla přesahovat 30 % všech přijatých tuků. Příjem SFA (Saturated Fatty Acids) je v naší populaci vysoký díky konzumaci vepřového masa, smažených pokrmů, smetanových omáček, uzenin, tvrdých sýrů, atd. [51].

### 3.3.2 Mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA)

Nenasycené mastné kyseliny mají podstatně výhodnější účinky. MUFA (Mono Unsaturated Fatty Acids) se ukazují jako výhodné z hlediska inzulínové rezistence a metabolismu endogenních lipidů. Jsou obsaženy především v olejích. Mají antiaterogenní i antitrombogenní efekt i antioxidační účinky. Jejich přívod by měl převyšovat 1/3 celkového příjmu tuků. Vzhledem k jejich pozitivním účinkům je snaha zvyšovat jejich přívod na úkor SFA. Jsou pravděpodobně jedním z hlavních příčin antiaterogenního účinku „středomořské“ diety [51].

### 3.3.3 Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)

Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) by se měly na celkovém příjmu energie podílet 6-10 %, PUFA (n-3) 1-2 %, PUFA (n-6) 5-8 % [38]. PUFA jsou obsaženy v rostlinných olejích a v rybím tuku. Hlavními zástupci jsou zejména:

**Kyselina linolová** - z dietetického hlediska je považována za jednu z nejdůležitějších esenciálních živin. V rámci intermediálního metabolismu je organismus schopen z ní syntetizovat i další polynenasycené kyseliny a z nich další biologicky vysoce účinné látky, především ze skupiny eikosanoidů [57]. Je antiaterogenní, snižuje celkový cholesterol, snižuje HDL-cholesterol, zvyšuje peroxidaci LDL cholesterolu. Vzhledem ke svému trombogennímu účinku (zvyšuje agregaci trombocytů) může být dokonce škodlivá (např. u pacienta po infarktu myokardu). Je zástupcem dienových n-6 mastných kyselin [51].

**Nedostatek kyseliny linolové způsobuje [57]:**

- poruchy látkové výměny, zvýšení krevního cholesterolu a krevních lipoproteinů LDL,
- pokles růstové intenzity u zvířat (zejména u mladých zvířat),
- patologické změny na kůži - manifestující se šupinatostí pokožky,
- prodloužení hojení ran,
- poruchy zraku,

- poruchy chování a psychiky,
- pokles intenzity produkce (masa, vajec apod.).

#### **Nadbytek kyseliny linolové způsobuje [57]:**

- zvýšení hladiny eikosanoidů, zejména prostaglandinů,
- vážné patofyziologické změny v krevním oběhu (srážení krve, průtoku krve a pod.).

Výhodnější je kyselina  $\alpha$ -linolenová, která má antiaterogenní i antitrombogenní účinky. Patří mezi trienové n-3 mastné kyseliny a je vysoce protektivní. Obě kyseliny jsou obsaženy v rostlinných olejích [51].

Kyselina eikosapentaenová a kyselina dokosahexaenová jsou obsaženy hlavně v rybím tuku, nejsou antiaterogenní, ale jsou vysoce antitrombogenní. Tyto kyseliny jsou dle polohy dvojných vazeb označovány jako omega 3 mastné kyseliny [51]. Příjem *trans* mastných kyseliny by se měl pohybovat pod 1 % [38].

Hlavní součástí lipidů jsou mastné kyseliny, které mohou mít kladný vliv na metabolismus za předpokladu, že jsou přijímány v optimálních koncentracích. Z toho vyplývá, že případné snížení příjmu tuků pod 20 % by neposkytlo doporučené dávky důležitých faktorů a bylo by nepříznivé pro zdraví člověka [38].

#### **3.3.4 Trans-izomery mastných kyselin**

Tyto *trans* izomery mastných kyselin mají negativní vliv na některé metabolické procesy v organismu. Často vznikají při hydrogenaci nenasycených mastných kyselin (ztužování tuků). Při ztužování tuků v tzv. margarinech může vznikat 8–30 % *trans* izomerů. Tyto izomery vznikají i při pečení a fritování nebo při jakémkoliv působení vysokých teplot a tlaku při zpracování tuků (např. v krmivech). Riziko tyto izomery představují při zkrmování odpadních tuků. Přirozeně se mohou tyto *trans* izomery v množství 4–6 % vyskytovat v mléčném nebo tělesném tuku přežvýkavců. Jejich původ je v bakteriálních biodegradacích tuků v batoru. *Trans*-izomery mastných kyselin ztrácejí svůj význam jako esenciální živina, dokonce mohou interferovat s esenciálními mastnými kyselinami, a proto jsou někdy označovány také jako antivitamin F [57].

#### **Negativní účinky trans izomerů mastných kyselin dle [57]:**

- způsobují porušení biomembrán (erytrocytů, mitochondrií apod.),

- přisuzuje se jim souvislost s etiopatogenezí vzniku arteriosklerózy,
- způsobují vzestup LDL a pokles HDL lipoproteinů v krvi,
- snížení syntézy prostaglandinů,
- tlumí činnost testes a ovarií,
- způsobují poruchy srdeční činnosti,
- snižují sekreci žláz s vnitřní sekrecí.

## 4 LNIČKOVÝ OLEJ

### 4.1 Obecná charakteristika

Hlavním produktem rostliny *Camelina sativa* je především olej. Tradičně je získáván drcením a lisováním semen za tepla. Semena obsahují 30 až 40 % oleje [24]. Přestože lnička patří mezi brukvovité plodiny, její olej má netypické složení a podobá se lněnému oleji. Rostlinné oleje s vysokým obsahem kyseliny linolenové jsou všeobecně považovány za nevhodné pro lidskou výživu, protože snadno podléhají oxidaci. Avšak ani během skladování lničkového oleje až po dobu 34 měsíců při teplotě 5-8 °C nebyla zaznamenána žluklost. I přes vysoký obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové je oxidační stabilita tohoto oleje dobrá. Skladovatelnost rostlinných olejů závisí na obsahu antioxidantů, jakým je např. tokoferol [4]. Tokoferoly a tokotrienoly, zkráceně tokoly a souhrnně označovány termínem vitamin E, jsou v tuku rozpustné antioxidanty s chromanovým kruhem a postranním hydrofobním řetězcem (phytyl v případě tokoferolů a isoprenyl v případě tokotrienolů) [37]. Lničkový olej má obsah tokoferolů srovnatelný s olejem lněným a řepkovým [4]. Průměrný obsah všech tokoferolů v syrovém lničkovém oleji se pohybuje v rozmezí 806–1008 mg/g. Obsah převažujícího  $\gamma$ -tokoferolu bývá 742–935 mg/g [28]. Surový lničkový olej je pro lidskou výživu špatně použitelný. Má žlutou barvu, ostrou chuť a páchne po ředkvičkách. Je nutno jej šetrným způsobem rafinovat, aby nedošlo k narušení kyseliny linolenové. Rafinovaný olej je téměř bezbarvý, bez zápachu a má lehce ořechovou příchut'. Nutriční a dietetické vlastnosti tohoto oleje jsou pozitivní [4].

### 4.2 Složení lničkového oleje

Specifické složení lničkového oleje se jeví jako velmi atraktivní. Lničkový olej je vysoce nenasyčený [19]. Kyseliny olejové je zde asi 17 % [27] a obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA) je roven asi 50 %. Poměr kyseliny linolové (LA) se zastoupením asi 15 % a kyseliny linolenové (ALA) s asi 40 % je jedinečný mezi běžnými rostlinnými oleji (sójový, slunečnicový, řepkový, olivový, atd.). Lničkový olej je také kvalitativně různý od ostatních méně běžných rostlinných olejů s vysokým obsahem PUFA jako např. olej ze lnu setého (*Linum usitatissimum* L.) s obsahem 53,3 %  $\alpha$ -linolenové a olej ze semen hroznů (*Vitis vinifera*) s obsahem 69,6–72,8 % kyseliny linolové. Z nutričního hlediska je důležité, že profil mastných kyselin v lničkovém oleji je proměnný [19]. Lničkový olej dále ob-



sahuje také asi 15 % kyseliny eikosenové (20:1 n-9) a přibližně 3 % kyseliny erukové (22:1 n-9). Tyto dvě posledně zmiňované mastné kyseliny se typicky vyskytují v olejích, které pocházejí ze semen rostlin patřících do čeledi *Cruciferae* [30].

Snad nejvíce nezvyklou charakteristikou lničkového oleje je jeho relativně vysoký obsah cholesterolu. Rostlinné oleje obecně obsahují významné množství sterolů, zvláště campesterol, stigmasterol či sitosterol v množství 0,2–2 % (w/w) z celkové obsahu sterolů. Lničkový olej také obsahuje relativně velká množství dalších neobvyklých sterolů. Patří mezi ně brassicasterol (133 ppm), campesterol (893 ppm), stigmasterol (103 ppm), sitosterol (1,884 ppm), a delta 5-avenasterol (393 ppm) a cholesterol (188 ppm) [21].

Tab. 2 Obsah mastných kyselin (g/kg celkového obsahu mastných kyselin) v lničkovém oleji, naměřených v různých studiích dle [20].

Mastná kyselina	Peiretti, Meineri (2007)	Abramovič, Abram (2005)	Bonjean, Le Goffic (1999)	Eidhin <i>et al.</i> (2003)	Zubr, Matthäus (2002)
C <sub>16</sub>	57	64	60	55	53-56
C <sub>18</sub>	27	26	25	23	23-27
C <sub>18:1 n-9</sub>	129	174	190	149	140-169
C <sub>18:2</sub>	177	169	180	158	135-165
C <sub>18:3</sub>	373	352	300	389	349-397
C <sub>20</sub>	14	12	15	4	12-15
C <sub>20:1</sub>	144	149	150	162	151-158
C <sub>20:2</sub>	17	21	15	21	17-20
C <sub>20:3</sub>	27	16	10	13	13-17
C <sub>22:1</sub>	22	16	35	24	26-30
Ostatní	13	n.d.	20	n.d.	n.d.

n.d.–nedetekováno

Obsah jednotlivých mastných kyselin se samozřejmě může měnit v závislosti na hnojení, agrotechnice, půdně-klimatických podmínkách, počasí, odrůdě, způsobu stanovení a metodě a dalších významných vlivech a faktorech.

Tab. 3 Obsah mastných kyselin ve vybraných druzích olejů ve srovnání s lníčkou (v % z celkového množství mastných kyselin) dle [5].

Mastná kyselina	lníčkový olej - W	lníčkový olej - S	řepkový olej	sojový olej	slunečnicový olej	lněný olej
C <sub>14:0</sub>	0,1	0,1	-	-	-	-
C <sub>16:0</sub>	5,3	5,6	4,1	11,8	6,8	6,8
C <sub>16:1</sub>	0,2	0,2	0,1	-	-	-
C <sub>17:0</sub>	0,1	0,1	-	-	-	-
C <sub>18:0</sub>	2,2	2,7	1,2	3,5	4,1	3,7
C <sub>18:1</sub>	14,7	16,5	62,6	23,9	15,3	17,9
C <sub>18:2</sub>	12,9	16,3	20,5	53,8	73,5	15,8
C <sub>18:3</sub>	40,3	33,7	7,7	7,0	-	54,5
C <sub>20:0</sub>	1,2	1,5	0,4	-	-	-
C <sub>20:1</sub>	14,7	15,1	2,3	-	-	-
C <sub>20:2</sub>	1,9	1,8	-	-	-	-
C <sub>20:3</sub>	2,0	1,3	-	-	-	-
C <sub>22:0</sub>	0,3	0,3	-	-	-	-
C <sub>22:1</sub>	2,5	3,0	0,8	-	-	-
C <sub>22:2</sub>	0,2	0,2	-	-	-	-
C <sub>24:0</sub>	0,2	0,2	-	-	-	-
C <sub>24:1</sub>	0,6	0,7	-	-	-	-
CX	0,6	0,7	0,3	-	0,3	1,3

lníčkový olej W–olej ze zimních odrůd

lníčkový olej S–olej z letních odrůd

Tab. 4 Procentuální obsah a profil mastných kyselin v rafinovaném, vyběleném a dezodorovaném lničkovém oleji dle [21].

Mastná kyselina	Obsah±SEM
C <sub>16:0</sub>	5,3±0,1
C <sub>18:0</sub>	3,0±0,0
C <sub>18:1</sub>	18,7±0,1
C <sub>18:2</sub>	16,0±0,1
C <sub>18:3</sub>	38,1±0,1
C <sub>20:0</sub>	1,4±0,1
C <sub>20:1</sub>	11,6±0,1
C <sub>22:1</sub>	2,5±0,1
Ostatní MK	3,4±0,1

Tab. 5 Procentuální obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové ve vybraných druzích olejů a potravin [35].

Potravina / olej	Hodnota	Potravina / olej	Hodnota
perilový olej	63,6	semena angreštu	19-20
lněný olej	53,3	semena černého rybízu	12-14
lničkový olej	35-40	konopné semeno	15-25
kanolový olej	11,1	máslo	1,2
ořechový olej	10,4	čedar	0,4
řepkový olej	10	mléko	0,1
sójový olej	6,8	vepřové sádlo (škvařené)	1,0
kukuřičný olej	1,0	pšeničný klíček	6,9
semena červeného rybízu	29-31	sója	3,2

#### 4.2.1 Obsah volných mastných kyselin

Volné mastné kyseliny (FFA) představují substrát pro oxidační reakce. Obsah FFA v oleji je dán mírou enzymatického rozkladu triacylglycerolů (TAG) činností enzymů–lipáz. Aktivity tohoto enzymu může být ovšem potlačena zvýšenou teplotou při výrobě oleje. Teplota okolo 80 °C během lisování oleje zřejmě eliminuje činnost lipáz a rozklad TAG na FFA. Ve lničkovém oleji ze semen různého původu byl zjištěn obsah FFA v rozsahu od 0,16–0,34 %. Oxidační stabilita oleje je předurčena zejména obsahem malých množství látek, jako jsou peroxid vodíku a produkty sekundární oxidace jako aldehydy, ketony, alkoholy, atd. [36].

### 4.3 Možnosti využití lničkového oleje

Ačkoli je lnička setá jednou z nejstarších olejnin pěstovaných v Evropě, zájem ze strany vědců a producentů olejů netrvá příliš dlouho. Lnička je zajímavá jednak pro diverzifikaci v zemědělství, ale také zároveň díky produkci velkého množství kvalitního oleje pro biopaliva, na krmné dávky, potraviny a např. ve farmacii [33].

V zahraničí je ověřeno použití tohoto oleje do mnoha výrobků studené kuchyně, jako jsou za studena roztíratelné máslo, zmrzlina, salátové zálivky, chléb a jiné pečivo [4].

Olej je možno použít i do kosmetických výrobků [4]. Lničkový olej prokazuje své výborné vlastnosti, má tišící a uklidňující schopnosti a zlepšuje pružnost pleti. Obsahuje vysoké množství tokoferolů (vitamin E), který chrání před oxidací, a tak prodlužuje skladovatelnost. Přední kosmetické společnosti používají lničkový olej ve svých produktech určených pro vlasovou kosmetiku. Olej zvyšuje klouzavost a poskytuje ochranný nátěr vlasových folikul. Lničkový olej může být použit v krémech, pleťových vodách, balzámech, rtěnkách a kusových mýdlech nebo všude tam, kde mohou být využity jeho vlastnosti [29].

Lnička má také dobrý potenciál jako biopalivo, průmyslový olej a mazadlo. Není potřeba žádné bělení nebo dezodorizace oleje. Existují také další zajímavé biologické produkty, které jsou zatím ve stádiu výzkumu [22].

Lnička je také velmi vhodná do krmných dávek pro hospodářská zvířata, zejména pro drůbež, která produkuje např. omega vejce [22]. Používá se také k výrobě moučky s nízkým obsahem glukosinolátů [25]. Moučka ze semen má cca 28–33 % proteinů s příznivou rovnováhou aminokyselin, což z ní činí potenciálně hodnotnou složku krmiv pro drůbež, pra-

sata, přežvýkavce a ryby [22]. Takovýto „odpadní produkt“, extrahovaný šrot, by mohl nahradit sóju v krmných dávkách [32]. Přidaným bonusem jak pro lidskou stravu, tak zvířecí potravu, je významné množství vitamínu E ve lničkovém oleji, což pomáhá zabránit jeho žluknutí [22].

*Tab. 6 Procentuální obsah vybraných živin a obsah minerálů (ppm) obsažených ve šrotu lničky dle [34].*

<b>Živina/minerální látka</b>	<b>Hodnota</b>
<b>sušina</b>	98,0
<b>bílkovina</b>	33,0
<b>tuk</b>	17,8
<b>vápník</b>	2597
<b>fosfor</b> (celk.)	12231
<b>draslík</b>	14879
<b>sodík</b>	17,6
<b>chlór</b>	18,7

Co se týká pěstebních podmínek, lnička je mnohem tolerantnější k suchu a využívá přibližně poloviční dávky hnojiv než např. kanola. Je ignorována škůdci, sarančaty, můrami, červi, a dokonce i vysokou zvěří [22].

Sláma lničky se využívá pro výrobu kartáčů a košťat, ke spalování (spalné teplo semene 26,36 kJ.g<sup>-1</sup>, slámy 18,84 kJ.g<sup>-1</sup>) nebo k výrobě buničiny [7].

## 5 MOŽNOSTI STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN V OLEJÍCH

V přírodě se vyskytuje velké množství mastných kyselin (FA), jen v lidské plazmě jich bylo identifikováno okolo 60. Mají většinou rovný řetězec se sudým počtem atomů uhlíku a dvojnými vazbami v pentadienovém uspořádání, převážně v konfiguraci *cis*; jsou obecně značeny CN:P  $n-x$ , kde CN je celkový počet atomů C, P je počet dvojných vazeb a  $x$  poloha první dvojně vazby od methylového konce. Pro různé metabolické studie jsou obvykle stanovovány pouze ty FA, které v metabolismu hrají významnou roli (v biochemických a biomedicinských studiích obvykle pouze sudé s CN 12 až 22) [53].

### 5.1 SB-ATR-FTIR

Infračervená spektroskopie s fourierovou transformací (FTIR) je analytický nástroj, kterým je možno rychle stanovovat důležité kvalitativní znaky rostlinných olejů, jakými jsou zejména mastné kyseliny [39]. Pro měření vzorků, které silně absorbují infračervené záření, je výhodná technika zeslabené totální reflektance (ATR - Attenuated Total Reflectance), nazývaná též jako technika vícenásobného zeslabeného vnitřního odrazu (FMIR - Frustrated Multiple Internal Reflectance). Jedná se o účinnou rychlou metodu, která vyžaduje minimální přípravu vzorku pro analýzu. ATR analýza vzorků FTIR spektrometrií je rychlá, může být automatizována a eliminuje použití toxických rozpouštědel. Technika je založena na principu násobného úplného odrazu záření na fázovém rozhraní měřeného vzorku a měřicího krystalu z materiálu o vysokém indexu lomu. ATR spektrum vzorku je ovlivněno vlnovou délkou infračerveného záření, poměrem indexů lomu měřeného vzorku a ATR krystalu, efektivní dráhou záření, úhlem dopadu záření na fázové rozhraní a kontaktem mezi měřeným vzorkem a ATR krystalem [40].

### 5.2 GLC

Mastné kyseliny jsou při použití této techniky, plynové-kapalinové chromatografie s kapilární kolonou, nejčastěji přeměněny na methylestery mastných kyselin (FAMES). Methylestery jsou připraveny methylací v methanolickém roztoku za pomoci kyselé nebo alkalické katalýzy [41] (např. methoxid sodný, fluorid boritý, acetylchlorid, methylchloroformát, kyselina sírová). Pro stanovení GLC jsou používány kolony střední nebo vysoké polarity (délka 25-30 m, resp. 50-100 m). U středně polárních kolon je pořadí eluce určeno

délkou řetězce a stoupajícím počtem dvojných vazeb ( $RT_{FA\ 18:4n-3} < RT_{FA\ 20:0}$ ) [53]. Použití otevřených kapilárních kolon znatelným způsobem zlepšilo rozlišení separace a vylepšuje preciznost analýzy v rámci kvality, kvantity, citlivosti a analytických časů [41].

### 5.3 GC – FID

Plynová chromatografie (GC) je technika používaná pro stanovování mastných kyselin v lipidech [42]. Dnešní metody využívající plynovou chromatografii s vysoce kvalitními kapilárními kolonami dokáží analyzovat jak jednotlivé MK, tak i charakterizaci komplexních směsí geometrických izomerů [47]. Metoda je použitelná pro vzorky rostlinných olejů, není vhodná pro stanovení mastných kyselin obsahujících větší množství epoxy-, hydroperoxy-, cyklopropyl-, cyklopropenyl-, keto- a aldehydických skupin a pro mastné kyseliny s méně než 6 C atomy [43]. Mastné kyseliny se v rostlinných olejích většinou vyskytují jako netěkavé triglyceridy. Proto je nutné před samotnou GC analýzou překonvertovat mastné kyseliny na jejich odvozeniny – methylestery (FAMES). Tvorba FAMES z triglyceridů vyžaduje procedurální kroky skládající se zejména z extrakce, hydrolýzy, methylace, trans-esterifikace, atd. [42].

**FID** neboli Flame Ionization Detector detekuje analyzovanou složku pomocí měření elektrického proudu generovaného elektrony hořících sazí ve vzorku. Plameno-ionizační detektor (FID) je neselektivní detektor, který se využívá ve spojení s plynovou chromatografií [43]. Molekuly plynu se ionizují v kyslíko-vodíkovém plameni a vedou ionizační proud mezi elektrodami. Nosný plyn se před vstupem do hořáku mísí s vodíkem, vzduch je přiváděn z vnějšku. Přítomnost složky zvýší ionizaci a elektrický proud se zvětší. Jako nosný plyn se hodí nejlépe dusík, ale použitelné jsou i ostatní nosné plyny [45]. Mezi elektrodami je aplikováno napětí 100–200 V. S výjimkou velmi mála organických sloučenin (např. CO) je tento detektor schopen zjistit téměř všechny sloučeniny obsahující uhlík [44]. Detekuje téměř vše, s výjimkou anorganických par a plynů. Necitlivost detektoru na vodu tak nabízí možnost jejího použití jako rozpouštědla, ale voda snižuje odezvu a může až zhasnout hořák [45]. Detektor má extrémně široký lineární dynamický rozsah, který sahá přinejmenším přes pět řádových hodnot s odezвовým indexem mezi 0,98–1,02 [44].

Organické látky se teplem štěpí na radikály, které s vodíkem v redukční části plamene dávají radikály  $\cdot\text{CH}$ . Ty se oxidují za vzniku iontů  $\text{CHO}^+$  a elektronů, což je rozhodující pro odezvu detektoru. Ionty zanikají rekombinačními reakcemi, např. s vodou (vznik iontu  $\text{H}_3\text{O}^+$ , který poté zachytí elektron a vzniká  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\cdot\text{H}$ ) a s heteroatomy molekul organických sloučenin. Odezva detektoru roste s počtem uhlíkových atomů, které poskytují ionty  $\text{CHO}^+$  a naopak klesá s přítomností heteroatomů v molekule. To je důvod, proč je detektor citlivý právě na uhlovodíky [45]. Identifikace jednotlivých mastných kyselin se provádí porovnáním retenčních časů elučních zón vzorku s retenčními časy elučních zón na chromatogramech standardních olejů. Procentické vyhodnocení zastoupení mastných kyselin ve vzorku se provádí na základě procentických velikostí ploch jednotlivých píků na chromatogramu vzorku [43].

## 5.4 HPLC

Ačkoli nejčastěji používanou metodou pro stanovování MK je GC, v současné době se v oblastech chemického a biochemického výzkumu, jakož i analýzy potravin, hojně využívá i HPLC—High Performance Liquid Chromatography (vysoce účinná kapalinová chromatografie). Chromatografická separace mastných kyselin a jejich derivátů pomocí HPLC se podstatně liší od metody plynové chromatografie, která využívá FAMES v tom, že pořadí eluce není založeno čistě na délce řetězce. Ačkoli délka řetězce zpravidla zvyšuje retenční čas, významnější vliv na něj má stupeň nenasycení a poloha dvojně vazby. HPLC je tak alternativou GC při kvantitativních, rutinních analýzách všude tam, kde plynová chromatografie není právě dostupná [46].

## 5.5 CE

Kapilární elektroforéza je další účinný a rychlý nástroj s vysokou efektivitou pro analýzu MK [48]. CE je modifikací elektroforézy, která se provádí jako volná elektroforéza bez nosiče v tenké kapiláře. Kapilára je zhotovena z taveného křemene. Má vnitřní průměr 10–100  $\mu\text{m}$  a délku 50 až 100 cm. Nepatrným průměrem je zabráněno promísení separovaných částic difúzí [49]. Většina metod CE používá jako separační medium elektrolyt obsahující vodu. Rozpustnost MK s dlouhým řetězcem je v těchto elektrolytech ale špatná. Separace MK až do C18 pomocí CE byla dosažena přidáním 60% acetonitrilu nebo 60% Me-OH s přidaným cyklodextrinem, díky čemuž se zvýšila rozpustnost i selektivita. Směs mast-



ných kyselin až do C20 byla separována v médiu voda-acetonitril s přidaným sodium dodecylbenzen-sulfonátem (SDBS). MK s delšími řetězci již v těchto médiích nemohou být spolehlivě analyzovány, a proto je nutné použít bezvodá prostředí [48].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo stanovení mastných kyselin ve vzorcích lničky seté a sledování jejich obsahu v závislosti na kombinacích hnojení.

Pro dosažení cílů bylo třeba:

- zpracovat literární rešerši o lničce seté týkající se její obecné charakteristiky a jejího využití,
- stručně popsat možné metody stanovení mastných kyselin v této olejnině.

Pro zpracování praktické části této diplomové práce bylo nutné naplnit tyto dílčí cíle:

- nalézt vhodnou metodu dezintegrace semen lničky,
- nalézt a optimalizovat metodu pro esterifikaci mastných kyselin v lničce,
- optimalizovat metodu stanovení esterů mastných kyselin na GC-FID.

## 7 VZORKY

### 7.1 Charakteristika vzorků

Pro tuto práci nám byly poskytnuty vzorky lničky seté (viz. obr.2) z pokusu Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně.

Cílem jednoletého vegetačního nádobového experimentu bylo posoudit vliv kombinované výživy dusíkem a sírou na výnosově - kvalitativní parametry lničky seté (*Camelina sativa*, L.) - odrůda Calena. Celkem bylo 12 kombinací (variant) hnojení (N x S), přičemž každá varianta byla 4x opakována [66]. V tabulce 7 jsou uvedeny dávky hnojiva pro jednotlivé pokusné skupiny.

*Tab. 7 Dávky hnojení pro jednotlivé pokusné skupiny vzorků*

Hnojivo	Dávka hnojiva
S <sub>0</sub> (přirozená hladina)	25 mg/kg zeminy
S <sub>1</sub>	35 mg/kg zeminy
S <sub>2</sub>	45 mg/kg zeminy
S <sub>3</sub>	55 mg/kg zeminy
N <sub>1</sub>	0,6 g/nádoba
N <sub>2</sub>	0,9 g/nádoba
N <sub>3</sub>	1,2 g/nádoba

### 7.2 Způsob hnojení vzorků

Síra byla aplikována v minerálním hnojivu jako síran amonný -  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (20,5 % N a 24 % S) a dusík byl vybilancován v dusičnanu amonném -  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (34,5 % N). Zemina byla extrahována metodou dle Mehlicha III ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{HNO}_3$  a EDTA). Stanovení obsahu přístupného P ve výluhu bylo provedeno kolorimetricky a obsah přístupného K, Mg a Ca byl stanoven AAS. Nádoby byly zalévány demineralizovanou vodou na úroveň 60 % maximální kapilární kapacity a udržován bezplevelný stav. Odrůdu lničky

Calena popisují Vollmann *et al.* (2007) jako nejvýnosnější v porovnání s 29 ostatními camelina genotypy [66].



Obr. 2 Semena vzorku lničky z MZLU v Brně na milimetrovém papíře

Tab. 8 Obsah oleje ve vzorcích dle [66]

Varianta pokusu	Označení	Obsah oleje (%)	Výnos oleje (g/rostlina)
1	N <sub>1</sub> S <sub>0</sub>	40.02 <i>a</i>	1.53 <i>bd</i>
2	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	39.64 <i>ac</i>	1.48 <i>d</i>
3	N <sub>2</sub> S <sub>0</sub>	39.06 <i>acd</i>	1.73 <i>bc</i>
4	N <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	37.86 <i>bc</i>	1.90 <i>ac</i>
5	N <sub>3</sub> S <sub>0</sub>	37.24 <i>bd</i>	1.90 <i>ac</i>
6	N <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	37.01 <i>b</i>	2.10 <i>a</i>

*a-d* znamená, že písmena následující za číslem (hodnotou) ve stejném sloupci nejsou signifikantně rozdílná při  $\alpha=0,05$ .

## 8 STANOVENÍ VZORKŮ

### 8.1 Použité chemikálie

- Destilovaná voda
- N,N-Dimethylformamide (dodavatel Sigma-Aldrich) ?
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- Dioxan (dodavatel Sigma-Aldrich)
- Methanol (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- Sodium methoxide (dodavatel Sigma-Aldrich)
- n-Hexan (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- Cyklohexanon (dodavatel Lachema Brno)
- Hydrogencitrát disodný (dodavatel Sigma-Aldrich )

### 8.2 Standardy

Pro analýzu byl použit standard Food Industry FAME Mix (cat.# 35077) od společnosti RESTEK.

### 8.3 Dezintegrace semen lničky a esterifikace mastných kyselin

Byl navážen 1 g vzorku semen lničky s přesností na 0,0001 g. Tato navážka byla kvantitativně převedena do umyté a řádně vysušené třecí misky. Pomocí tloučku byla všechna semena dezintegrována. Do takto připraveného vzorku bylo v digestoři napipetováno 2,5 ml DMF (N,N-Dimethylformamide) a směs byla ještě jednou rozetřena v třecí misce tak, aby pevný podíl byl v DMF a homogenní. Vzniklá směs byla převedena do baňky se zábrusem a třecí miska byla ještě vypláchnuta DMF.

Poté byla baňka umístěna do olejové lázně. Tato byla vyhřátá na 155 °C (bod varu DMF=153 °C). Páry, vznikající při varu, byly chlazeny zpětným chladičem. Směs byla promíchávána míchadlem po celou dobu varu, který trval 15 minut. Po této době byla baňka odstavena a vychlazena na pokojovou teplotu. Poté bylo přidáno 5 ml dioxanu, který rozpustil pevný podíl tuku. Následně bylo přidáno 5 ml methanolu s obsahem 5 % metho-

xidu. Se vzniklou směsí bylo protřepáno a byla odstavena na 90 sekund. Vzniklá směs byla převedena do dělicí nálevky a bylo přidáno 25 ml n-hexanu. Směs byla protřepána a následně bylo přidáno 10 ml hydrogencitrátu disodného. V dělicí nálevce vznikly 2 fáze: spodní hydrofilní se zbytky semen a horní hydrofobní, kterou tvořil n-hexan a extrahovaný tuk. Spodní fáze byla vypuštěna a horní – hydrofobní fáze byla převedena do erlenmayerovy baňky, do které byl posléze přidán  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  kvůli vysušení. Poté byla směs z erlenmayerovy baňky převedena do 50 ml odměrné baňky a doplněna n-hexanem po rysku. Zároveň bylo přidáno 10  $\mu\text{l}$  cyklohexanonu jako vnitřního standardu. Z takto vytvořeného vzorku byla část převedena do vialek pro následnou analýzu.

#### 8.4 Analýzy esterů pomocí GC-FID

Pro kvalitativní i kvantitativní analýzu methylesterů mastných kyselin byl použit plynový chromatograf s plameno-ionizačním detektorem Shimadzu GC 2010 (viz. Obr. 3 a 4). Parametry použité pro měření na GC-FID jsou vedeny v tabulce 9.

*Tab. 9 Parametry použité pro měření na GC-FID*

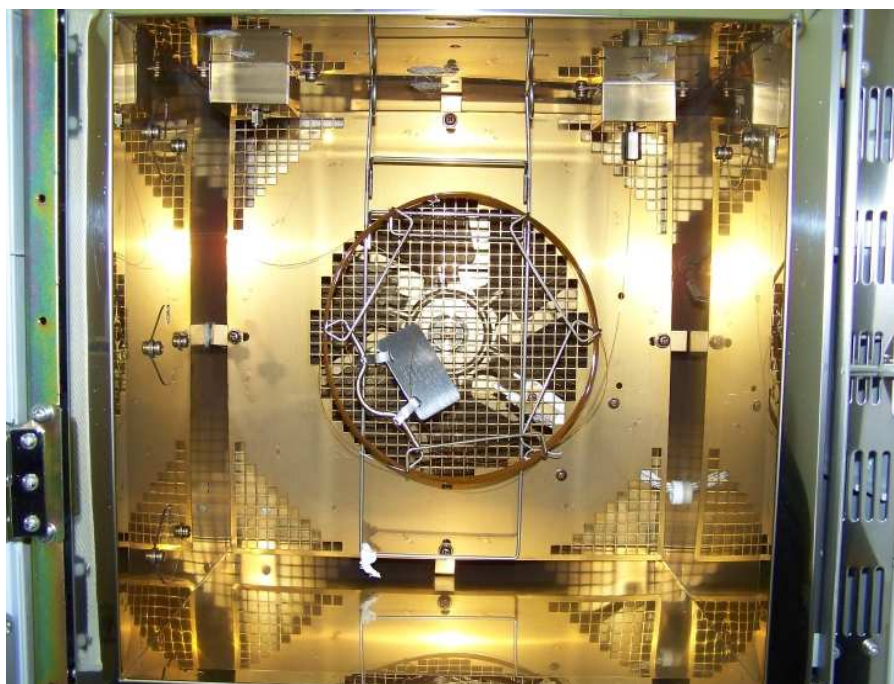
<b>Parametr měření</b>	<b>Hodnota parametru</b>
kolona	SPB-PUFA
délka kolony	30 m
tloušťka filmu stacionární fáze	0,20 $\mu\text{m}$
inner diameter	0,25 ID
vstřikovaný objem vzorku	1,0 $\mu\text{l}$
splitovací poměr	1:100
teplota vstupního nástřikového prostoru	50 °C
teplota výstupní prostoru	220 °C

Jako mobilní fáze byl použit dusík 5.0. Pro vyhodnocování naměřených výsledků sloužil software GC SOLUTION. Více o principu GC-FID je pojednáno v kapitole 5.3.

Kvantitativní zastoupení jednotlivých mastných kyselin bylo zjištěno pomocí srovnání se standardem (viz. kapitola 8.2).

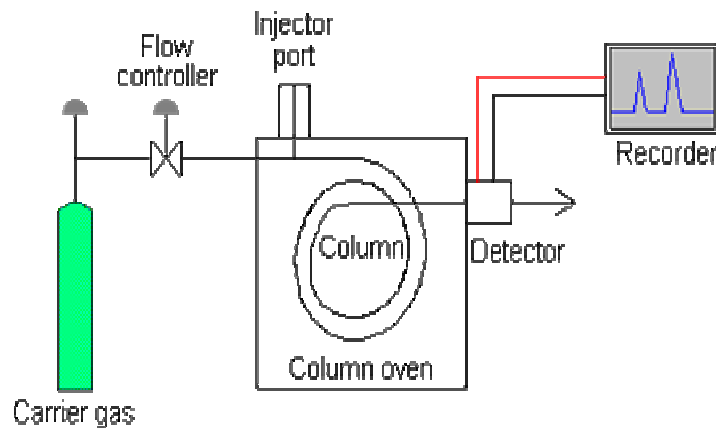


*Obr. 3 Shimadzu GC 2010*



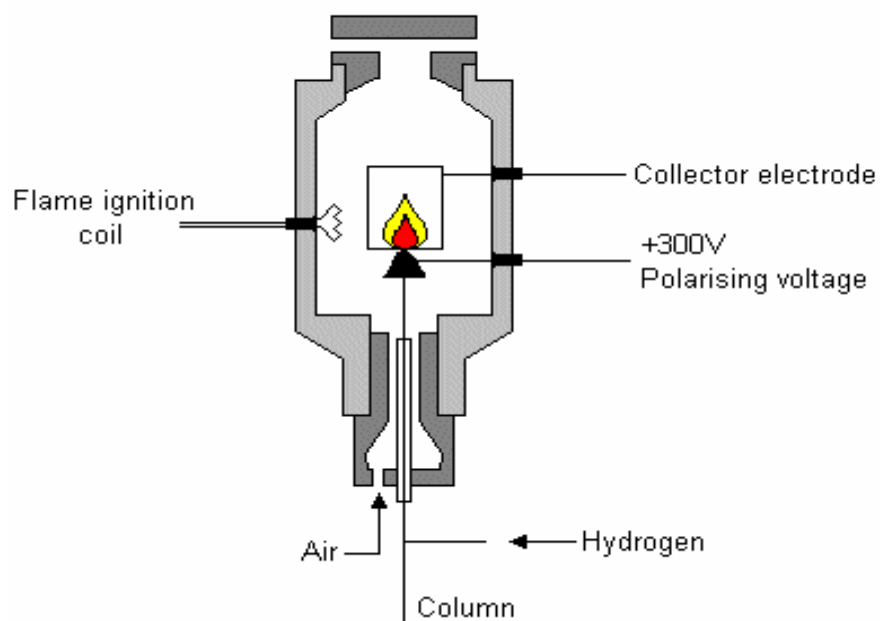
*Obr. 4 Kolona SPB-PUFA*





Obr. 5 Schéma plynového chromatografu dle [60].

### The Flame Ionisation Detector



Obr. 6 Schéma plamenového ionizačního detektoru (FID) dle [60].

## 8.5 Statistické zpracování naměřených výsledků

Naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí statistického programu UNISTAT. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí párového testu [56].

## 9 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 9.1 Mastné kyseliny stanovené při pokusu a jejich zastoupení v závislosti na kombinaci hnojení

Mastné kyseliny stanovené ve vzorcích lničky seté jsou uvedeny v tabulce 10.

V tabulce 11, kde vzorky mají stejnou hladinu dusíku N1 a rozdílné hladiny síry S0-S3 můžeme zhodnotit statisticky významné rozdíly ( $P \geq 0,05$ ) následovně: u kyseliny myristové nalezneme statisticky významný rozdíl mezi skupinami N1S0 (nejvyšší hodnota 11,23  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a N1S1 (nejnižší hodnota 4,86  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). U kyseliny palmitové byl zjištěn jen jeden statisticky významný rozdíl oproti ostatním skupinám, a to nejnižší hodnota 96,54  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  u skupiny N1S1. U kyseliny olejové je statisticky významný rozdíl u skupiny N1S3, kde byla naměřena nejvyšší hodnota 230,89  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Obsahy u kyseliny  $\alpha$ -linolenové se vyznačují dvěma statisticky významnými rozdíly, je to nejnižší naměřená hodnota u skupiny N1S0 (479,16  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a naopak nejvyšší u N1S3 (531,82  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Poslední statisticky významný rozdíl byl zjištěn u kyseliny eikosenové, a to nejvyšší hodnota (243,38  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ).

Výsledky uvedené v tabulce 12, kde vzorky mají stejnou hladinu dusíku N2 a rozdílné hladiny síry S0-S3 můžeme zhodnotit takto. Statisticky významné rozdíly ( $P \geq 0,05$ ) proti všem ostatním skupinám vykazuje pouze skupina N2S2, kde byly naměřeny u všech mastných kyselin absolutně nejvyšší hodnoty ( i v rámci ostatních skupin).

Výsledky uvedené v tabulce 13, kde vzorky mají stejnou hladinu dusíku N3 a rozdílné hladiny síry S0-S3 můžeme zhodnotit následujícím způsobem. Statisticky významné rozdíly ( $P \geq 0,05$ ) proti ostatním skupinám vykazuje skupina N3S3, kde v této hladině dusíku byly naměřeny s výjimkou kyseliny tridekanové, eikosanové a eikosadienové nejvyšší hodnoty. Statisticky významný rozdíl vykazuje ještě skupina N3S2 u kyseliny a eikosadienové, kde byla naměřena nejvyšší hodnota.

Tab. 10 Mastné kyseliny stanovené při pokusu

Počet uhlíků (vazba)	Systematický název	Triviální název
<b>C13:0</b>	tridekanová	-
<b>C14:0</b>	tetradekanová	myristová
<b>C16:0</b>	hexadekanová	palmitová
<b>C18:0</b>	oktadekanová	stearová
<b>C18:1 (cis-9)</b>	<i>cis-9-oktadecenová</i>	olejová
<b>C18:2 (cis-9,12)</b>	<i>cis,cis-9,12-oktadekadienová</i>	linolová
<b>C18:3 (cis-9,12,15)</b>	<i>cis,cis,cis-9,12,15-oktadekatrienová</i>	$\alpha$ -linolenová
<b>C20:0</b>	eikosanová	arachidová
<b>C20:1 (cis-11)</b>	<i>cis-11-eikosenová</i>	-
<b>C20:2 (cis-11,14)</b>	<i>cis,cis-11,14-eikosadienová</i>	-

Tab. 11 Zastoupení mastných kyselin ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) ve vzorcích lničky s hladinou dusíku N1 a rozdílnými hladinami síry S0 – S3.

Mastná kyselina	N1S0		N1S1		N1S2		N1S3	
	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.
C13:0	6,21	± 0,584 <sup>b</sup>	6,24	± 0,336 <sup>b</sup>	3,83	± 0,288 <sup>a</sup>	5,59	± 0,129 <sup>b</sup>
C14:0	11,23	± 0,258 <sup>c</sup>	4,86	± 0,042 <sup>a</sup>	6,02	± 0,357 <sup>b</sup>	6,23	± 0,996 <sup>b</sup>
C16:0	106,70	± 8,722 <sup>b</sup>	96,54	± 1,139 <sup>a</sup>	110,57	± 2,429 <sup>b</sup>	102,04	± 3,595 <sup>b</sup>
C18:0	41,59	± 2,778 <sup>a</sup>	38,68	± 0,130 <sup>a</sup>	41,12	± 0,876 <sup>a</sup>	42,50	± 0,427 <sup>a</sup>
C18:1 ( <i>cis-9</i> )	203,28	± 2,080 <sup>a</sup>	205,22	± 2,922 <sup>a</sup>	210,71	± 3,548 <sup>b</sup>	230,89	± 1,967 <sup>c</sup>
C18:2 ( <i>cis-9,12</i> )	269,70	± 3,469 <sup>a</sup>	273,18	± 2,822 <sup>a</sup>	277,61	± 4,934 <sup>a</sup>	278,88	± 1,284 <sup>a</sup>
C18:3 ( <i>cis-9,12,15</i> )	479,16	± 0,920 <sup>a</sup>	485,67	± 10,970 <sup>b</sup>	486,26	± 7,375 <sup>b</sup>	531,82	± 5,815 <sup>c</sup>
C20:0	26,85	± 0,776 <sup>a</sup>	26,88	± 0,182 <sup>a</sup>	29,06	± 0,321 <sup>a</sup>	29,46	± 0,477 <sup>b</sup>
C20:1 ( <i>cis-11</i> )	210,00	± 2,832 <sup>a</sup>	223,13	± 3,066 <sup>b</sup>	228,14	± 2,829 <sup>b</sup>	243,38	± 1,168 <sup>c</sup>
C20:2 ( <i>cis-11,14</i> )	27,96	± 0,355 <sup>a</sup>	28,14	± 0,380 <sup>a</sup>	27,89	± 0,932 <sup>a</sup>	28,29	± 0,647 <sup>a</sup>

Hodnoty v řádku se stejným písmenem v horním indexu se statisticky neliší ( $P \geq 0,05$ ).

Tab. 12 Zastoupení mastných kyselin ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) ve vzorcích lničky s hladinou dusíku N2 a rozdílnými hladinami síry S0 – S3.

Mastná kyselina	N2S0		N2S1		N2S2		N2S3	
	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.
C13:0	5,52	± 0,295 <sup>b</sup>	4,35	± 0,213 <sup>a</sup>	5,83	± 0,219 <sup>b</sup>	5,61	± 0,350 <sup>b</sup>
C14:0	7,31	± 0,220 <sup>b</sup>	3,91	± 0,935 <sup>a</sup>	15,37	± 0,837 <sup>c</sup>	4,78	± 0,460 <sup>a</sup>
C16:0	91,43	± 9,481 <sup>a</sup>	90,62	± 3,581 <sup>a</sup>	187,10	± 18,136 <sup>b</sup>	97,76	± 7,090 <sup>a</sup>
C18:0	35,62	± 2,780 <sup>a</sup>	36,99	± 1,704 <sup>a</sup>	63,22	± 2,091 <sup>b</sup>	41,05	± 4,381 <sup>a</sup>
C18:1 ( <i>cis-9</i> )	168,01	± 11,502 <sup>a</sup>	187,44	± 4,105 <sup>a</sup>	287,83	± 19,490 <sup>b</sup>	187,93	± 23,514 <sup>a</sup>
C18:2 ( <i>cis-9,12</i> )	244,52	± 11,285 <sup>a</sup>	259,74	± 3,519 <sup>a</sup>	361,80	± 8,479 <sup>b</sup>	264,07	± 19,130 <sup>a</sup>
C18:3 ( <i>cis-9,12,15</i> )	435,52	± 24,872 <sup>a</sup>	460,09	± 0,958 <sup>a</sup>	628,83	± 4,597 <sup>b</sup>	444,71	± 37,168 <sup>a</sup>
C20:0	25,51	± 1,043 <sup>a</sup>	27,52	± 1,222 <sup>a</sup>	40,65	± 0,687 <sup>b</sup>	27,14	± 1,607 <sup>a</sup>
C20:1 ( <i>cis-11</i> )	191,97	± 9,741 <sup>a</sup>	214,24	± 1,850 <sup>a</sup>	295,88	± 2,929 <sup>b</sup>	206,50	± 17,810 <sup>a</sup>
C20:2 ( <i>cis-11,14</i> )	28,17	± 1,496 <sup>a</sup>	27,40	± 0,462 <sup>a</sup>	35,75	± 0,128 <sup>b</sup>	27,05	± 1,406 <sup>a</sup>

Hodnoty v řádku se stejným písmenem v horním indexu se statisticky neliší ( $P \geq 0,05$ ).

Tab. 13 Zastoupení mastných kyselin ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) ve vzorcích lničky s hladinou dusíku N3 a rozdílnými hladinami síry S0 – S3.

Mastná kyselina	N3S0		N3S1		N3S2		N3S3	
	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.	průměr	± S.E.
C13:0	5,01	± 0,310 <sup>a</sup>	4,67	± 0,269 <sup>a</sup>	4,38	± 1,481 <sup>a</sup>	4,82	± 0,403 <sup>a</sup>
C14:0	4,80	± 1,445 <sup>a</sup>	4,21	± 0,889 <sup>a</sup>	3,14	± 1,746 <sup>a</sup>	9,14	± 1,060 <sup>b</sup>
C16:0	87,98	± 6,762 <sup>a</sup>	88,66	± 8,008 <sup>a</sup>	93,83	± 2,508 <sup>a</sup>	106,50	± 6,174 <sup>b</sup>
C18:0	35,40	± 2,623 <sup>a</sup>	36,63	± 2,850 <sup>a</sup>	38,38	± 0,272 <sup>a</sup>	41,32	± 1,937 <sup>b</sup>
C18:1 ( <i>cis-9</i> )	170,19	± 12,294 <sup>a</sup>	171,65	± 5,038 <sup>a</sup>	172,37	± 3,334 <sup>a</sup>	189,55	± 3,427 <sup>b</sup>
C18:2 ( <i>cis-9,12</i> )	241,38	± 6,969 <sup>a</sup>	237,62	± 15,698 <sup>a</sup>	247,27	± 3,347 <sup>a</sup>	262,46	± 4,866 <sup>b</sup>
C18:3 ( <i>cis-9,12,15</i> )	429,70	± 17,667 <sup>a</sup>	449,32	± 20,730 <sup>a</sup>	435,45	± 15,013 <sup>a</sup>	495,07	± 6,246 <sup>b</sup>
C20:0	26,03	± 1,889 <sup>a</sup>	26,36	± 1,629 <sup>a</sup>	29,74	± 0,676 <sup>b</sup>	28,73	± 0,743 <sup>b</sup>
C20:1 ( <i>cis-11</i> )	193,75	± 9,726 <sup>a</sup>	198,06	± 7,292 <sup>a</sup>	201,75	± 1,734 <sup>a</sup>	210,25	± 1,392 <sup>b</sup>
C20:2 ( <i>cis-11,14</i> )	25,03	± 1,297 <sup>a</sup>	24,36	± 2,040 <sup>a</sup>	35,08	± 6,988 <sup>b</sup>	27,43	± 1,270 <sup>a</sup>

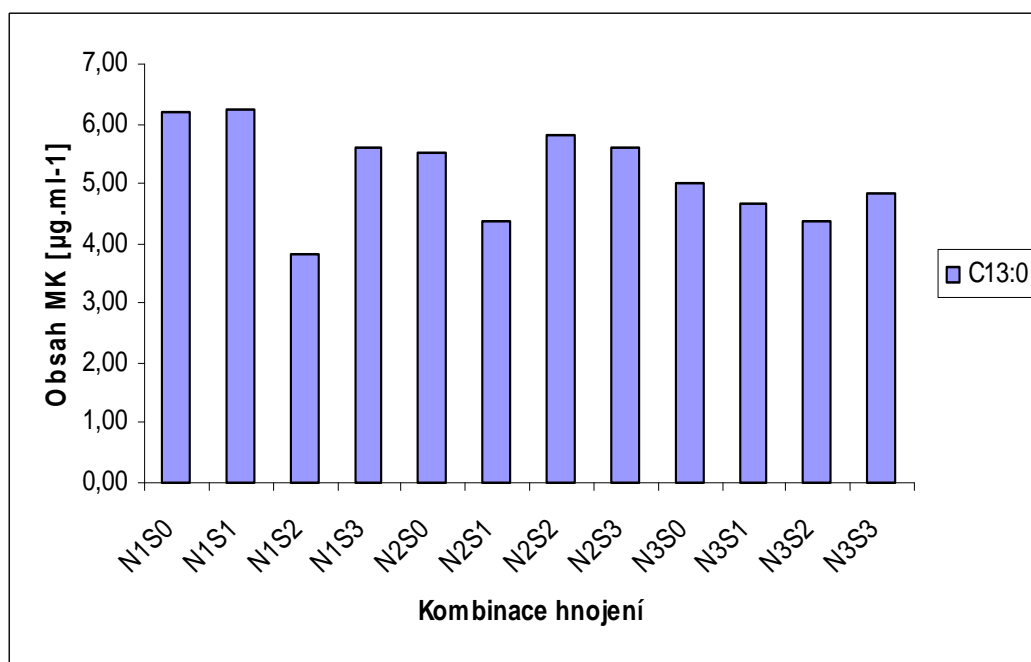
Hodnoty v řádku se stejným písmenem v horním indexu se statisticky neliší ( $P \geq 0,05$ ).

## 9.2 Obsah jednotlivých mastných kyselin v závislosti na kombinaci a hnojení

V následující kapitole jsou graficky znázorněny jednotlivé mastné kyseliny v závislosti na kombinaci hnojení vzorků. Z tohoto znázornění je patrné, která varianta je nejvíce nebo nejméně vhodná při produkci dané mastné kyseliny.

### 9.2.1 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny tridekanové

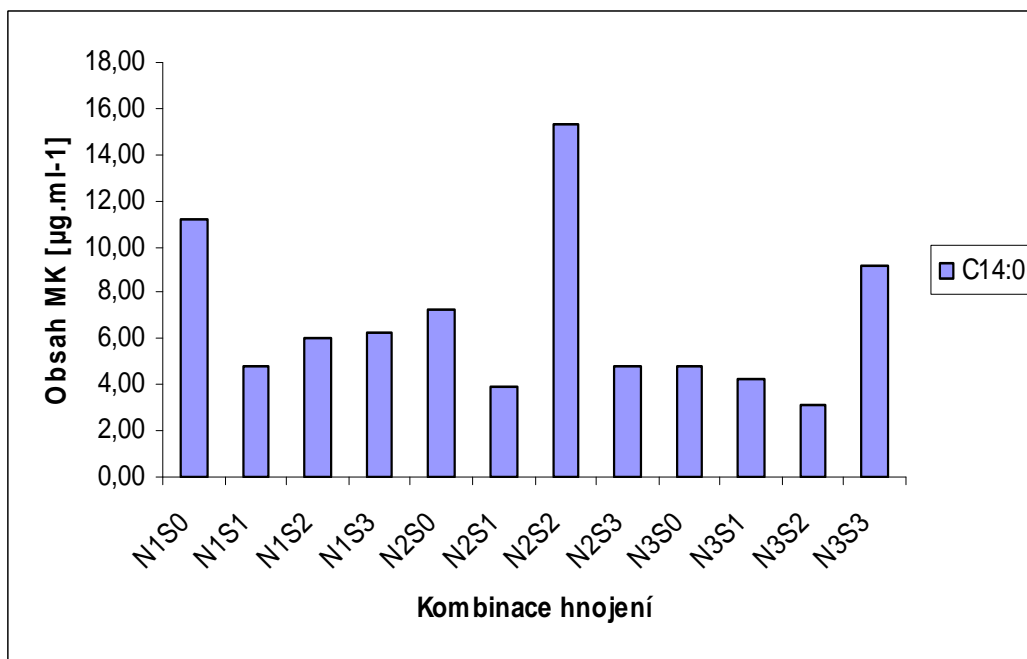
Kyselina tridekanová se ve výživě člověka vyskytuje sporadicky a je méně obvyklou mastnou kyselinou. Je to jediný zástupce lichých mastných kyselin, který byl stanoven v naší práci. S jejím výskytem se častěji setkáváme např. v kravském kolostru. Jak je patrné z obr. 7, její obsah se v našem pokusu pohyboval v rozmezí od 3,83–6,24  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejvíce kyseliny tridekanové bylo naměřeno v kombinacích hnojení N1S1–6,24  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ; N1S0–6,21  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Naopak nejmenší obsah vykazovala kombinace hnojení N1S2–3,83  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  a N2S1–4,35  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .



Obr. 7 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny tridekanové

### 9.2.2 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny myristové

Tato kyselina působí po vstřebání v různé míře nepříznivě, protože zvyšuje hladinu cholesterolu v krevní plasmě. To představuje určité riziko z hlediska chorob krevního oběhu. Zrychluje totiž tvorbu cholesterolu vázaného v LDL, kde jsou nežádoucí, a zpomalují jejich úbytek. Proto by se měl příjem omezovat, zejména u dospělých osob. Kojencům tato mastná kyselina nevadí, naopak je výhodná její dobrá stravitelnost [61]. Jak je patrné z obr. 8, nejvíce kyseliny myristové bylo analyzováno u hnojení v kombinaci N2S2, a to 15,37  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Kombinace hnojení s druhým nejvyšším zastoupením této kyseliny je N1S0–11,23  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejméně jí bylo stanoveno u kombinace N3S2–3,14  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Obsah kyseliny myristové se v našich vzorcích pohybuje v rozmezí 3,14–15,37  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  a můžeme tvrdit, že je značně proměnný.

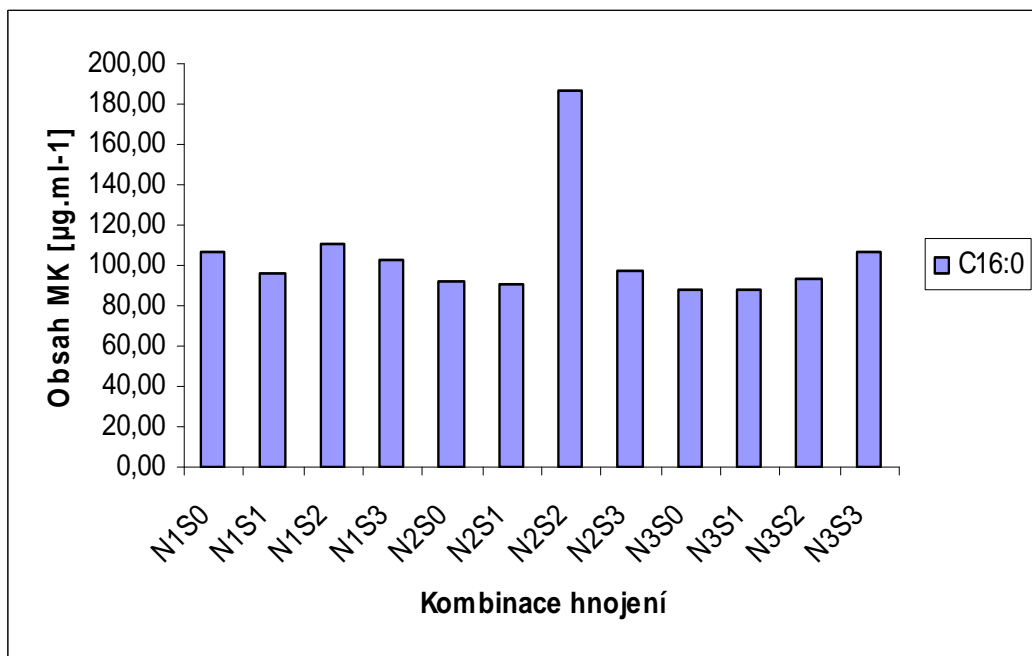


Obr. 8 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny myristové



### 9.2.3 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny palmitové

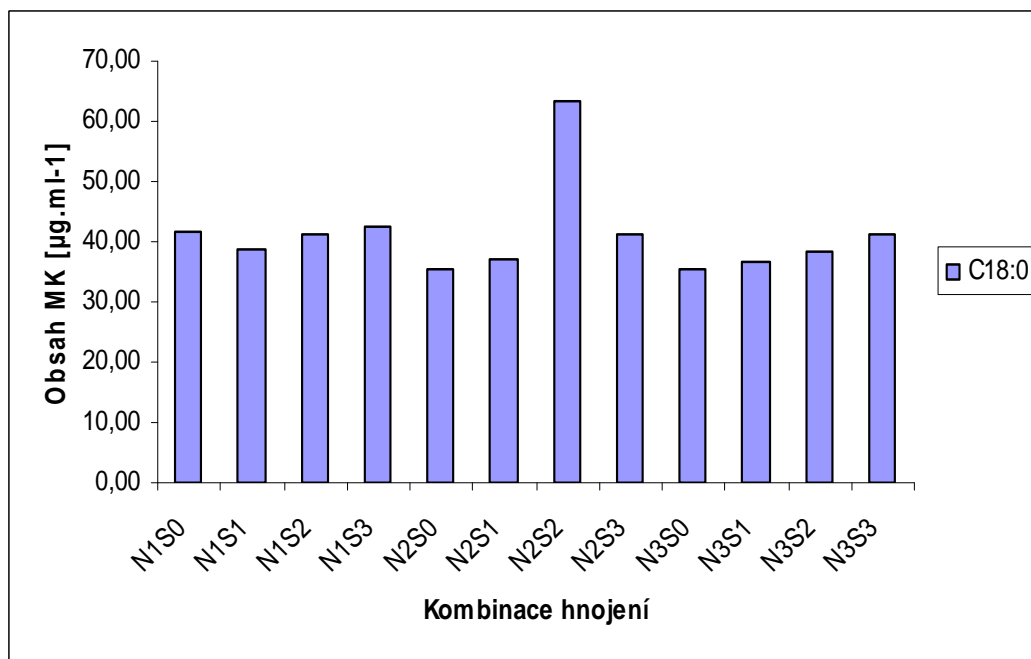
Kyselina palmitová je jedna z nejrozšířenějších mastných kyselin v přírodě. Je vázána jako součást téměř všech přírodních tuků a olejů. Z nich se také získává hydrolýzou (např. z kokosového oleje). Ve formě solí, především sodné nebo draselné, je obsažena v mýdlech [62]. Na obr. 9 je patrné, že obsah kyseliny palmitové se u našich vzorků pohybuje v rozmezí 87,98-187,10  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Obsah MK je relativně vyrovnaný s výjimkou kombinace hnojení N2S2, které představuje kombinaci s nejvyšším obsahem této kyseliny–187,10  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Vyšší obsahy vykazují také kombinace N1S0–110,57  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ , N3S3–106,50  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejmenší obsah byl stanoven u kombinace N3S0–87,98  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .



Obr. 9 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny palmitové

#### 9.2.4 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny stearové

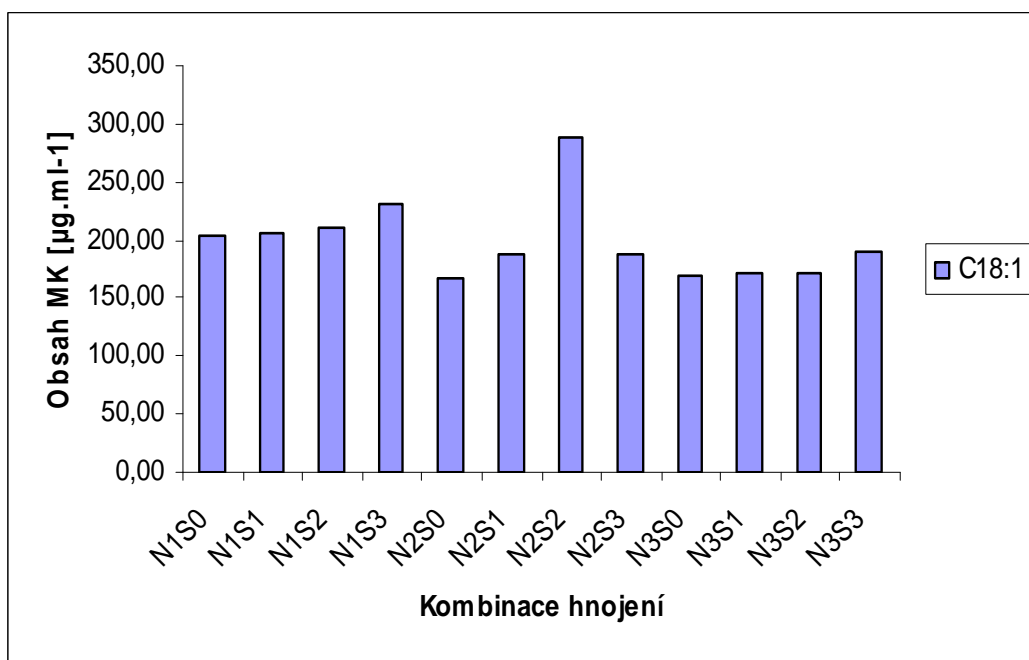
Od výše uvedených nasycených mastných kyselin se liší kyselina stearová. Na rozdíl od dříve uvedených mastných kyselin totiž kyselina stearová nezvyšovala u pokusných zvířat hladinu krevního cholesterolu, naopak ji dokonce mírně snižovala. Příznivý vliv se týká hlavně zmíněné lipoproteinové frakce LDL, zatímco její vliv u cholesterolu v HDL frakci byl méně přesvědčivý. Snižuje se ovšem poměr celkového cholesterolu k HDL cholesterolu, což se považuje za příznivý účinek. V každém případě byl vliv kyseliny stearové na krevní cholesterol podstatně příznivější než vliv *trans*-nenasycených mastných kyselin. U lidí bylo dokonce zjištěno, že kyselina stearová snižuje hladinu krevního cholesterolu stejně účinně jako kyselina olejová, považovaná za nejpříznivější. Kyselina stearová byla považována, podobně jako jiné nasycené kyseliny, za prothrombotickou. V pokusech s dobrovolníky však kyselina stearová naopak snižovala koagulaci krve, podobně jako nenasyčené mastné kyseliny, a tím se lišila od mastných kyselin s 12-16 atomy uhlíku [62]. Z obr. 10 je patrné, že nejvyšší obsah kyseliny stearové byl zjištěn u kombinace N2S2–63,22  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ , vyšší obsah vykazuje kombinace N1S3–42,50  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Naopak nejmenší N3S0–35,40  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .



Obr. 10 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny stearové

### 9.2.5 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny olejové

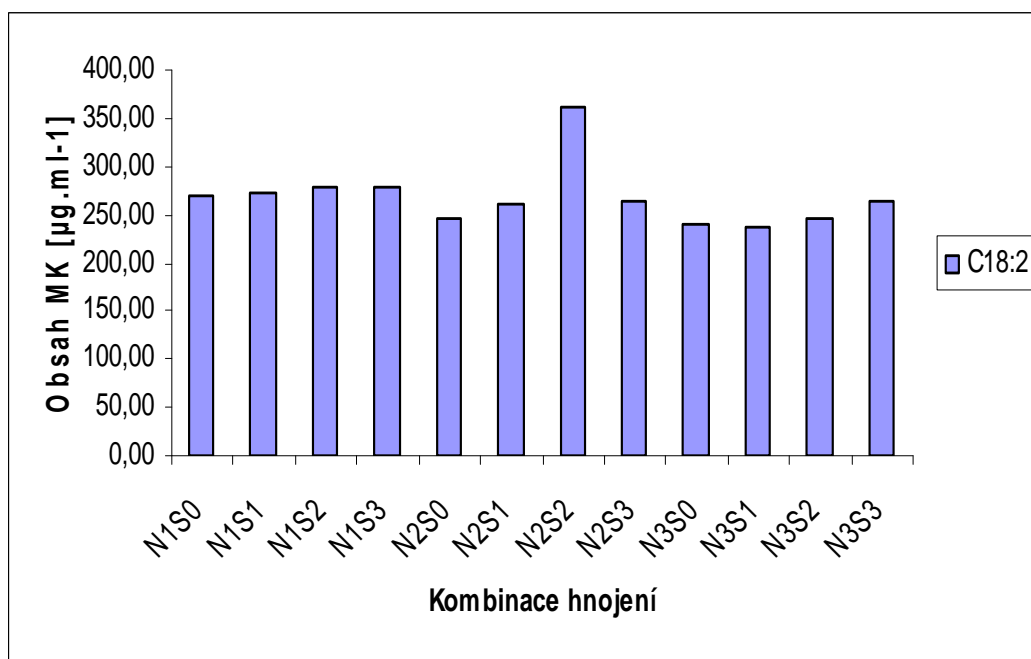
Kyselina olejová je zástupcem n-9 mononenasycené mastné kyseliny. Je to nejběžnější MK vyskytující se v jedlých tucích a olejích. Není esenciální, organismus si ji dokáže syntetizovat [64]. Kyselina olejová má pozitivní vliv na sérový lipidogram, protože snižuje LDL (low density lipoprotein) cholesterol [73] a zvyšuje hladinu HDL (high density lipoprotein) cholesterolu a zlepšuje tak poměr HDL:LDL cholesterolu v krvi [65,73]. Z obr. 11 je patrné, že nejvyšší obsah kyseliny olejové byl zjištěn opět u kombinace N2S2 a to 287,83  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Druhé nejvyšší zastoupení bylo stanoveno u kombinace N1S3-230,89  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejmenší obsah vykazuje N2S0-168,01  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Kyselina olejová je z kvantitativního hlediska čtvrtou nejvíce zastoupenou MK, která byla stanovena v této diplomové práci.



Obr. 11 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny olejové

### 9.2.6 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny linolové

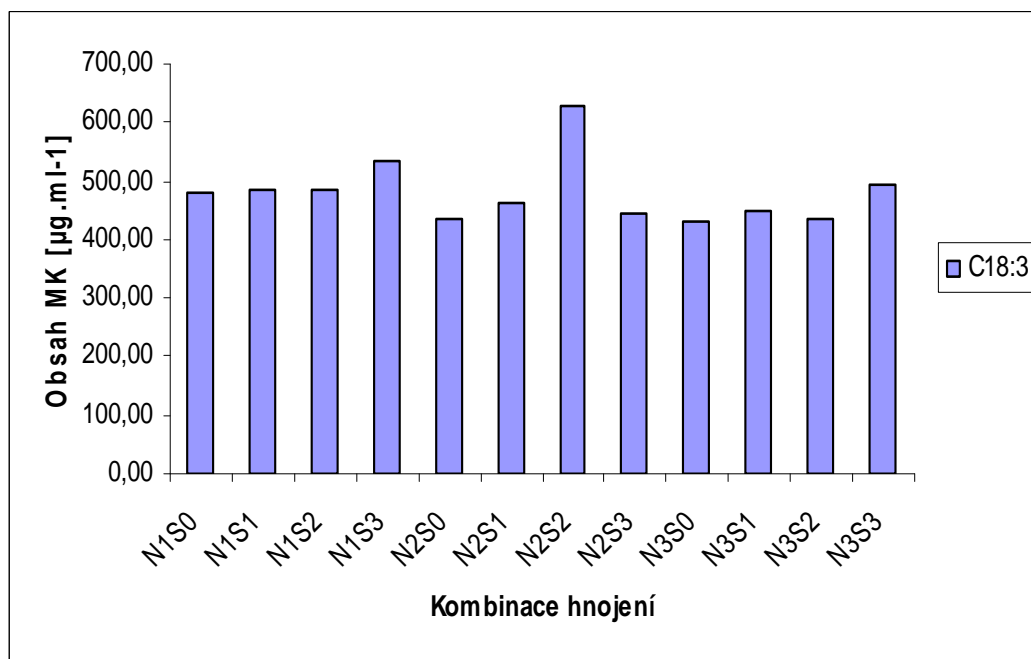
Mezi spotřebou kyseliny linolové a linolenové by měl být dodržován vzájemný poměr, 5:1 (LA:ALA), ne vyšší. Jestliže potrava obsahuje podstatně větší množství kyseliny linolové a poměr mezi konzumovanými dávkami obou PUFA tak dosahuje podstatně vyšších hodnot, například 15:1, či ještě vyšších, dochází k výrazné převaze účinků eikosanoidů. Může k tomu dojít například při jednostranné konzumaci oleje slunečnicového, který neobsahuje kyselinu  $\alpha$ -linolenovou, o kterou je tak organismus dlouhodobě ochuzován. Převaha účinků eikosanoidů odvozených od kyseliny arachidonové může mít za následek závažné, až vysloveně nepříznivé zdravotní důsledky [69]. Naopak obohacení stravy kyselinou linolovou snižuje např. koncentraci cholesterylesterů a současně zvyšuje podíl cholesterylinolátu [63]. Podle souhrnné zprávy WHO z dubna 2003 byla z hlediska výživy kyselina linolová ze skupiny  $\omega$ -6 označena jako nejdůležitější MK [72]. Více o kyselině linolové je pojednáno v kapitole 3.3.3. Obsah této kyseliny je relativně vyvážený, jak je vidět na obr.12. Rozdíl mezi obsahem u druhé nejvyšší kombinace hnojení: N1S3–278,88  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  a nejmenším obsahem u kombinace hnojení: N3S1–237,62  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  je oproti ostatním mastným kyselinám malý. Opět se vymyká kombinace N2S2, u níž byl analyzován nejvyšší obsah 361,80  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Kyselina linolová je z kvantitativního hlediska druhou nejvíce zastoupenou MK, která byla stanovena v této diplomové práci.



Obr. 12 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny linolové

### 9.2.7 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny $\alpha$ -linolenové

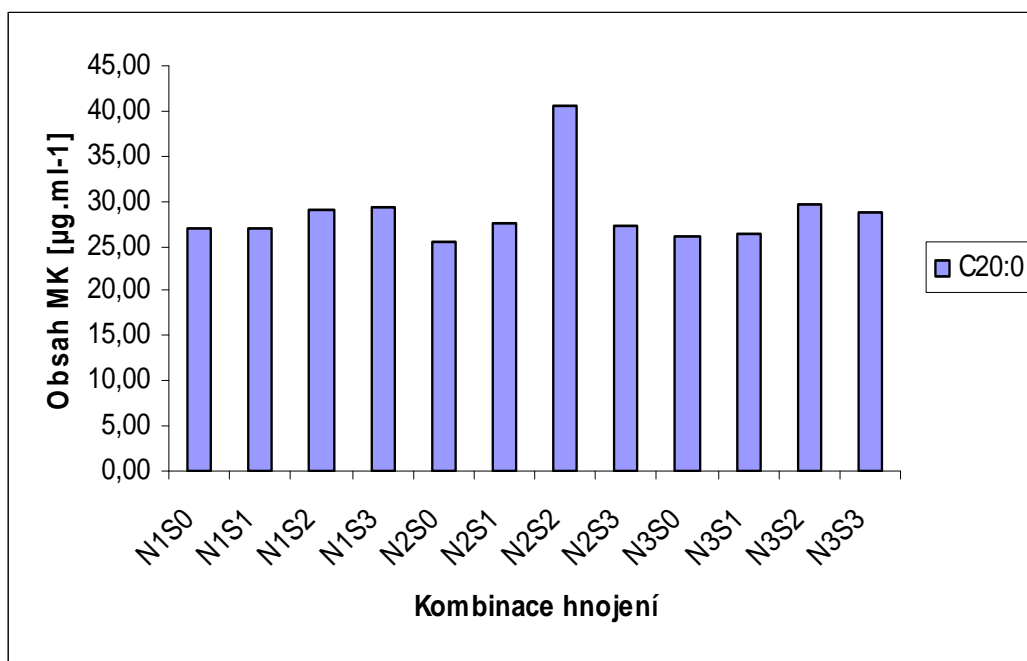
Kyseliny linolová a  $\alpha$ -linolenová mají v organismu vůči sobě kompetitivní charakter a jejich metabolismus se úzce prolíná [71], jak již bylo uvedeno výše. Zvýšené množství kyseliny linolové, která bývá ve stravě západního typu hojně zastoupena, inhibuje např. přeměnu  $\alpha$ -linolenové kyseliny na n-3 MK s velmi dlouhým řetězcem - EPA a DHA, které mohou být z kyseliny  $\alpha$ -linolenové v organismu syntetizovány. Tato přeměna ale nemusí být vždy dostatečně rychlá a pohotová, jak je v určitých situacích třeba [70]. Deficience nenasycených mastných kyselin je považována za důležitý činitele v etiologii aterosklerozy, absence kyseliny linolenové indikuje riziko ischemické choroby srdeční (ICHS) [63]. Podle souhrnné zprávy WHO z dubna 2003 byla z hlediska výživy kyselina linolenová ze skupiny  $\omega$ -3 označena jako druhá nejdůležitější mastná kyselina [72]. Více o kyselině linolenové je pojednáno v kapitole 3.3.3. Na obr. 13 je patrný nejvyšší obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové, který byl stanoven taktéž u kombinace N2S2 a to  $628,83 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . U kombinace N1S3 byl analyzován obsah  $531,82 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ , dále N3S3- $495,07 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejmenší obsah byl zjištěn u N3S0- $429,70 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Kyselina linolenová je z kvantitativního hlediska nejvíce zastoupenou MK, která byla stanovena v této diplomové práci.



Obr. 13 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové

### 9.2.8 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny arachidové

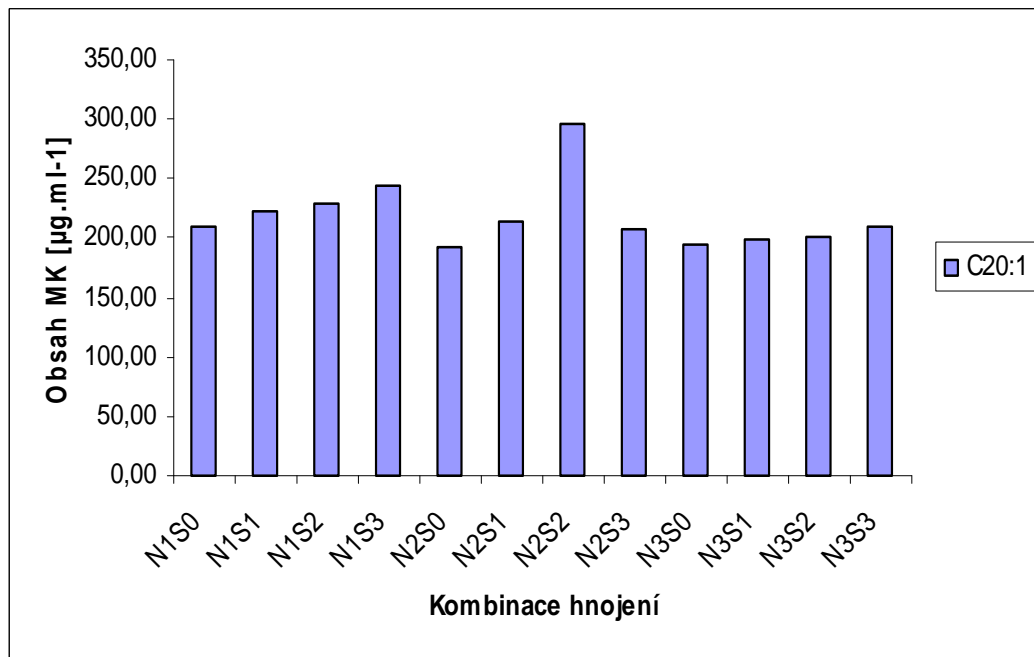
Jak můžeme vyčíst z obr. 14, nejvyšší obsah kyseliny arachidové byl stanoven u kombinace N2S2–40,65  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Dále je obsah opět relativně vyvážený. Druhé nejvyšší zastoupení bylo zjištěno u kombinace N3S2–29,74  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejmenší obsah vykazovala kombinace N2S0–25,51  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .



Obr. 14 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny arachidové

### 9.2.9 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny eikosenové

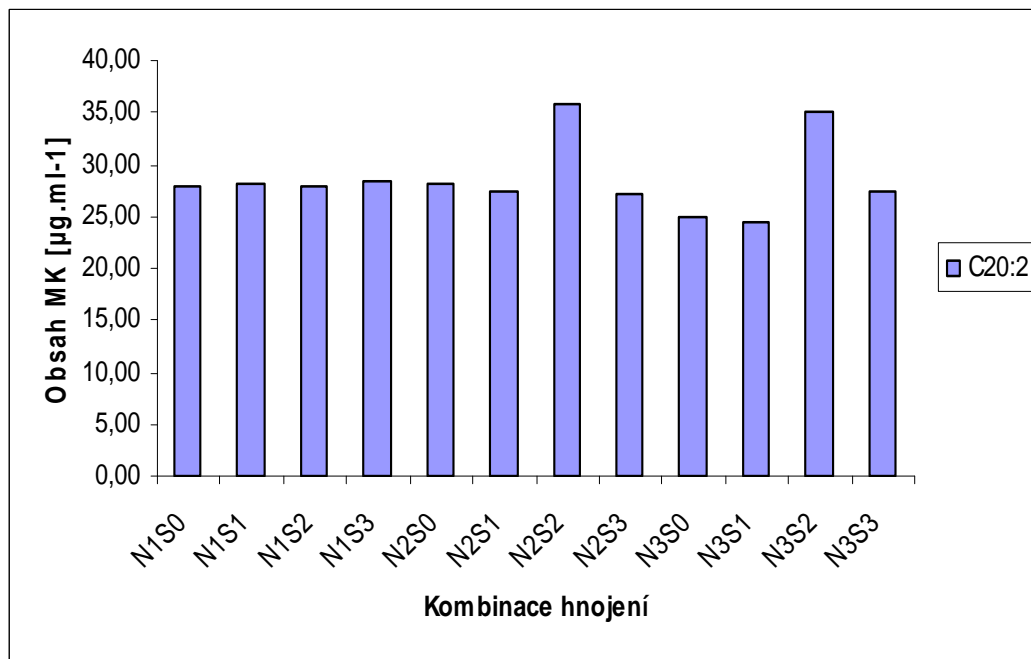
Na obr. 15 je patrný nejvyšší obsah kyseliny eikosenové, jenž byl stanoven u kombinace N2S2–295,88  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Druhé nejvyšší zastoupení bylo zjištěno u kombinace N1S3–243,38  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejmenší obsah vykazovala kombinace N2S0–191,97  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Kyselina eikosenová je z kvantitativního hlediska třetí nejvíce zastoupenou MK, která byla stanovena v této diplomové práci.



Obr. 15 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny eikosenové

### 9.2.10 Vliv kombinace hnojiv na obsah kyseliny eikosadienové

Nejvyšší obsah kyseliny eikosadienové byl stanoven rovněž u kombinace N2S2–35,75  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ , jak je vidět na obr. 16. Druhé nejvyšší zastoupení bylo zjištěno u kombinace N3S2–35,08  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nejmenší obsah vykazovala kombinace N3S1–24,36  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .



Obr. 16 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny eikosadienové



## ZÁVĚR

Lipidy patří mezi základní nutriční složky výživy. Jsou významným zdrojem energie a důležité pro vstřebávání vitaminů rozpustných v tuku. Velice podstatná je konzumace esenciálních mastných kyselin pro zabezpečení důležitých buněčných funkcí. V této diplomové práci byla popsána olejnina lnička setá (*Camelina sativa*), možnosti jejího pěstování a využití v podmínkách ČR a okolnosti s tím spojené. U vzorků lničky, odrůda Calena, byla vyzkoušena nová progresivní metoda esterifikace mastných kyselin, která výrazným způsobem zkracuje dobu této reakce pro následnou analýzu. Celkem bylo stanoveno 10 mastných kyselin pomocí metody plynové chromatografie (GC-FID), jejichž obsah byl závislý na aplikované kombinaci hnojení. Jako nejvhodnější pro pěstování byla vyhodnocena kombinace hnojení N2S2 (0,9 g/nádoba  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 45 mg/kg zeminy  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), u níž byl zjištěn nejvyšší obsah všech, z hlediska výživy důležitých mastných kyselin, zejména pak kyseliny olejové ( $287,83 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ), linolové ( $361,80 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a linolenové ( $628,83 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Z hlediska praxe se jeví zajímavá i kombinace hnojení N1S3 (0,6 g/nádoba  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 55 mg/kg zeminy  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) s následujícím obsahem, z hlediska výživy důležitých mastných kyselin: olejová ( $230,89 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a linolenová ( $531,82 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a N3S3 (1,2 g/nádoba  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 55 mg/kg zeminy  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) s obsahem kyseliny olejové ( $189,55 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ), linolové ( $262,46 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) a linolenové ( $495,07 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). U dalších testovaných kombinací hnojiv, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu mastných kyselin. Naopak, z hlediska výživově důležitých mastných kyselin, se jako nejhorší ukázaly kombinace N2S0 a N3S0, které spojuje společná přirozená hladina síry S0 (25 mg/kg zeminy  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ).

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] STRAŠIL, Z.: *Základy pěstování a možnosti využití lničky seté*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008. 25 s. ISBN 978-80-87011-75-1.
- [2] KOCIÁN, P.: *Květena ČR – Brassicaceae*. [online].  
Dostupný z WWW: <<http://www.kvetenacr.cz/celed.asp?IDceled=3>>.
- [3] BENDA, V., BABŮREK, I., ŽĎÁRSKÝ, J.: *Biologie II – nauka o potravinářských surovinách*. PRAHA: VŠCHT, 2000. 195 s.
- [4] KOPRNA, R., HAVEL, J.: *Využití olejnin pro potravinářské účely*. Výzkumný ústav olejnin Opava, Dostupný z WWW: <[http://www.rostlinolekar.cz/Vyuziti-olejnin-propotravinarskeucely\\_\\_s44x8463.html](http://www.rostlinolekar.cz/Vyuziti-olejnin-propotravinarskeucely__s44x8463.html)>
- [5] ZUBR, J.: Oil-seed crop: *Camelina sativa*, *Industrial Crops and Products*. 1997, č. 6, s. 113-119.
- [6] *Charakteristika vybraných meziplodin dle nařízení vlády 242/2004 Sb.* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.agroenvi.cz/default.asp?ch=186&typ=1&val=33220&ids=3253>>.
- [7] *Databáze využití nepotravinářské zemědělské produkce – Lnička setá (Camelina sativa (L.) Crantz)*, JČU. [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.fytomasa.cz/cz/page/117/lnicka-seta-.html>>.
- [8] *Obrázek Lničky seté*. [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.botanik.unikarlsruhe.de/garten/fotohassler/Camelina%20sativa%20BotKA%20S3.jpg>>.
- [9] CAMPBELL, N.A., REECE, J.B.: *Biologie*. Brno: Computer Press a.s., 2006. 1293 s. ISBN 80-251-1178-4.
- [10] NARASIMBULU, S.B, KIRTI, P.B., BHATT, S.R., SHYAM PRAKASH, CHOPRA, V.L.: Intergenic protoplast fusion between *Brassica carinata* and *Camelina sativa*. *Plant Cell Reports*. 1994, č. 13, 657–660.

- [11] RYANT, P.: *Nutrition and fertilisation of alternative oil plants for non-food purposes*. Brno: MZLU, 2003. s. 37.
- [12] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin I*. Tábor: Osiss, 1999. 328 s. ISBN 80-902391.
- [13] TATTERSALL, A., MILLAM, S.: Establishment and in vitro regeneration studies of the potential oil crop species *Camelina sativa*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1999, č. 55, s. 147–149.
- [14] ZUBR, J.: Qualitative variation of *Camelina sativa* seed from different locations. *Industrial Crops and Products*. 2003, č. 17, s. 161-169.
- [15] PETR, J., LOUDA, F.: *Produkce potravinářských surovin*. VŠCHT Praha, 1998. 213 s. ISBN 80-7080-332-0.
- [16] McMURRY, J.: *Organická chemie*. VUT v Brně ve spolupráci s VŠCHT v Praze, 2007. 1176 s. ISBN 978-80-7080-637-1.
- [17] O'BRIEN, R.D.: *Fats and oils – formulating and processing for applications*, USA-Florida: CRC Press LLC, 2004. 567 s. ISBN 0-8493-1599-9.
- [18] ZUBR, J.: Dietary fatty acids and amino acids of *Camelina sativa* seeds. *Journal of Food Quality*. 2003, č. 26, s. 451-462.
- [19] ZUBR, J., MATTHÄUS, B.: Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil. *Industrial Crops and Products*. 2002, č. 15, s. 155–162.
- [20] PEIRETTI, P.G., MEINERI, G.: Fatty acids, chemical composition and organic matter digestibility of seeds and vegetative parts of false flax (*Camelina sativa* L.) after different lengths of growth. *Animal Feed Science and Technology*. 2007, č. 133, s. 341–350.

- [21] SHUKLA, V.K.S., DUTTA, P.C., ARTZ, W.E.: *Camelina oil* and its unusual cholesterol content. *JAACS*. 2002, č. 79, s. 965–969.
- [22] VONDRÁŠKOVÁ, Š.: *V Kanadě stoupá zájem o pěstování lničky*. Dostupný z WWW:<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=87242&ids=107>.
- [23] CROWLEY, J.G, FRÖHLICH, A.: *Factors affecting the composition and use of Camelina*, The science of farming and food, 1998. 19 s. ISBN 1 901138 66 6.
- [24] HRASTAR, R., PETRIŠIČ, M.G., OGRINC, N., KOŠIR, I.J.: Fatty Acid and stable Carbon Isotope Characterization of *Camelina sativa* Oil: Implications for Authentication. *J. Agric. Food Chem.* 2009, č. 57, s. 579 – 585.
- [25] GUGEL, R.K., FALK, F.C.: *Camelina and Rapa biodiesel study*. Dostupný z WWW:< <http://www.areca.ab.ca/sitewyze/files/Final%20Summary%20Camelina%20Rapa%20Biodiesel.pdf>>.
- [26] GEHRINGER, A., FRIEDT, W., LÜHS, W., SNOWDON, R.J.: Genetic mapping of agronomic traits in false flax (*Camelina sativa subsp. sativa*). *Genome*. 2006, č. 49, s. 1555–1563.
- [27] CARLSSON, A.S.: Plant oils as feedstock alternatives to petroleum – a short survey of potential oil crop platforms. *Biochimie*. 2009, č. 91, s. 665–670.
- [28] ZUBR, J.: *Camelina* oil in human nutrition. *AgroFOOD industry hi-tech*. 2009, č. 20/4.
- [29] *Captivating Camelina*. [online].  
Dostupný z WWW:< <http://www.usomega3.com/research/camelina.pdf>>.
- [30] ABRAMOVIČ, H., BUTINAR, B., NIKOLIČ, V.: Changes occurring in phenolic-content, tocopherol composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil during storage. *Food Chemistry*. 2007, č. 104, s. 903-909.

- [31] VOLLMANN, J., MORITZ, T., KARGL, CH., BAUMGARTNER, S., WAGENTRISTL, H.: Agronomic evaluation of *camelina* genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products*. 2007, č. 26, s. 270–277.
- [32] Lnička setá jako náhražka sóji? [online]. *DLG-Mitteilungen*, 2009, č. 1, s.11  
Dostupný z WWW:< <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/lnicka-seta-jako-nahrazka-soji>>.
- [33] GRAUDA, D., LAPINA, L., STRAMKALE, V., RASHAL, I.: *Camelina sativa* as a crop for diversification of agriculture and as a producer of high quality oil. *Environment, Technology, Resources, Proceedings*. 2007, s. 262-265.
- [34] FRAME, D., PALMER, M., WARD, R., MARTINI, S.: Feeding *Camelina sativa* And Enhancing Omega-3 Fatty Acid Levels in Market-age Turkey Hens. *AG/Poultry*. 2008.
- [35] NÍ EIDHIN , D., BURKE, J., O'BEIRNE, D.: Oxidative stability of  $\omega$ 3-rich *Camelina* oil and *Camelina* oil-based spread compared with plant and fish oil and sunflower spread. *Journal of food science*. 2003, č. 68, s. 345-353.
- [36] ZUBR, J.: Unique dietary oil from *Camelina sativa* seed. *AgroFOOD industry Hi-tech*. 2009, č. 20/2, s. 42-46.
- [37] SCHWARTZ, H., OLLILAINEN, V., PIIRONEN, V., LAMPI, A.M.: Tocopherol, tocotrienol, and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2008, č. 21, s. 152–161.
- [38] OKROUHLÁ, M., ENGLMAIEROVÁ, M., CHARVÁTOVÁ, V, TOUŠOVÁ, R.: Zastoupení mastných kyselin ve vybraných živočišných produktech. ČZU v Praze, *Aktuální problémy chovu prasat*, s. 149-152.
- [39] SHERAZI, S.T.H., YOUNIS TALPUR, M., MAHESAR, S.A., KANDRHO, A.A., ARAIN, S.: Main fatty acid classes in vegetable oils by SB-ATR-Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Talanta*. 2009, č. 80, s. 600–606.

- [40] *Reflektanční techniky*. [online].  
Dostupný z WWW: <<http://lms.vscht.cz/Zverze/IR/Atr.htm>>.
- [41] APARICIO, R., APARICIO-RUÍZ, R.: Authentication of vegetable oils by chromatographic techniques. *Journal of Chromatography A*. 2009, č. 881, s. 93–104.
- [42] FABBRI, D., BARAVELLI, V., CHIAVARI, G., PRATI, S.: Profiling fatty acids in vegetable oils by reactive pyrolysis–gas chromatography with dimethyl carbonate and titanium silicite. *Journal of Chromatography A*. 2005, č. 1100, s. 218–222.
- [43] *Stanovení methylesterů mastných kyselin pomocí plynové chromatografie (GC/FID)*. [online].  
Dostupný z WWW: <[http://web.vscht.cz/kohoutkj/mastkyslab\\_ofic.pdf](http://web.vscht.cz/kohoutkj/mastkyslab_ofic.pdf)>.
- [44] *GC-FID*. Library 4 science. [online]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.chromatography-online.org/directory/methdcat-2/page.html>>.
- [45] KLOUDA, P.: *Moderní analytické metody*. Šenov: Nakladatelství Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [46] CHEN, S-H., CHUANG, Y-J.: Analysis of fatty acid by column liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*. 2002, č. 465, s. 145–155.
- [47] SEPPÄNEN-LAAKSO, T., LAAKSO, I., HILTUNEN, R.: Analysis of fatty acid by gas chromatography, and its relevance to research on health and nutrition. *Analytica Chimica Acta*. 2002, č. 465, s. 39–62.
- [48] DRANGE, E., LUNDANES, E.: Determination of long-chained fatty acids using non-aqueous capillary electrophoresis and indirect UV detection. *Journal of Chromatography A*. 1997, č. 771, s. 301–309.
- [49] *Elektroforéza*. [online]. Dostupný z WWW: <[http://www.vscht.cz/ktk/www\\_324/lab/texty/cze/CZE.pdf](http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/texty/cze/CZE.pdf)>.
- [50] CHEN, S-H., CHEN, K-CH., LIEN, H-M.: Determination of fatty acids in vegetable oil by reversed-phase liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*. 1999, č. 849, s. 357–369.

- [51] RUŠAVÝ, Z., LACIGOVÁ, S.: Novinky v dietních doporučeních pro diabetiky. *Interní Med.* 2007, č.3, s. 110–113.
- [52] ČÍŽKOVÁ, M.: *Analýza mastných kyselin v přírodních sýrech metodou GC-MS.* Zlín: Diplomová práce, UTB ve Zlíně, 2008. 81s.
- [53] ŽÁK, A., TVRZICKÁ, E.: Patobiochemie a analytika lipidů. *Klinická a toxikologická analýza.* 2008, s. 131 – 139.
- [54] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J.: *Chemie potravin.* Praha: SNTL/ALFA, 1983. 629 s.
- [55] LAWSON, H.: *Food oils & fats: technology, utilization and nutrition.* New York, 1994. 339 s. ISBN 0-412-98841-0.
- [56] UNISTAT: Statistical Package for Windows. London: Unistat House, 2002.
- [57] SUCHÝ, P., STRAKOVÁ, E., HERZIG, I.: *Kvalita rostlinných olejů a jejich význam z hlediska zdraví zvířat a možnosti ovlivnění nutriční hodnoty potravin živočišného původu.* Praha: Vydal Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i, 2008. 59 s.
- [58] DUCHOŇ, J. a kol.: *Lékařská chemie a biochemie.* Praha: Vydalo Avicenum, zdravotnické nakladatelství n.p., 1985. 716 s. ISBN 08-004-85.
- [59] HOLEČEK, M.: *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin.* Praha: Grada publishing, a.s., 2006. 288 s. ISBN 80-247-1562-7.
- [60] *Obrázek GC a FID.* [online]. Dostupný z WWW:  
<<http://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/chrom/gaschrom.htm>>.
- [61] POKORNÝ, J.: *Nasyčené mastné kyseliny v tucích.* VŠCHT Praha, 2006. Dostupný z WWW:<<http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/nasycene-mastne-kyseliny-v-tucich.html>>.
- [62] KODÍČEK, M.: *Kyselina palmitová. Biochemické pojmy: výkladový slovník.* VŠCHT Praha, 2007, Dostupný z WWW:<[http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es002/ebook.html?p=kyselina\\_palmitova](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es002/ebook.html?p=kyselina_palmitova)>.

- [63] DOSTÁL, A.: *Tenkvrstevná chromatografie esterů cholesterolu*. SLL K.S. s.p., 1988, 4 s.
- [64] JURKOVIČOVÁ, J., ŠTEFÁNIKOVÁ, Z., ŠEVČÍKOVÁ, L.: Význam tuků vo výživě člověka. *Život. Prostr.* 2008, č. 42/4, s. 194 – 198.
- [65] GRAHAM, I. *et al*: European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2007, č. 14, s. 1–113.
- [66] LOŠÁK, T., VOLLMANN, J., HLUŠEK, J., PETERKA, J., FILIPČÍK, R.: Vliv společné aplikace dusíku a síry na výnosově-kvalitativní parametry lničky seté – false flax (*Camelina sativa, L.*), - článek v přípravě.
- [67] NELSON, D.L., COX, M.M.: Lipid biosynthesis. *Principles of Biochemistry*. V.H. Freeman and comp. 2005, s. 787-815.
- [68] Obrázek FA synthesis. [online]. Dostupný z WWW: < [http://web.virginia.edu/Heidi/chapter25/Images/8883n25\\_07.jpg](http://web.virginia.edu/Heidi/chapter25/Images/8883n25_07.jpg) >.
- [69] ŠIMEK, J.: *Přístup k výběru a konzumaci rostlinných olejů*. Společnost pro výživu. Dostupný z WWW: < <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/pristup-k-vyberu-a-konzumaci-rostlinnych-oleju.html> >.
- [70] VAŠÍČKOVÁ, Z.: Výživová doporučení v období klimakteria. *Praktická gynekologie*. 2004, č. 1, s. 33-38.
- [71] MARTIN, A., *et al.*: *Apports nutritionnels conseillés pour la population Française*. Paris: TEC&DOC, 2001. ISBN 2-7430-0422-3.
- [72] BRÁT, J.: Tuky ve stravě překvapením? *Kardiologie v primární péči*. 2008, č. 3/2 s. 50-54, ISSN: 1802-1379.
- [73] BLÁHA, V.: Nové pohledy na roli lipidů ve výživě. *Interní medicína pro praxi*. 2005, č. 7/8, s. 346-348.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A.D.	Letopočet po Kristu
ALA	Kyselina $\alpha$ -linolenová
ATR	Technika zeslabené totální reflektance
B.C.	Letopočet před Kristem
CE	Kapilární elektroforéza
DHA	Kyselina dokosahexanová
DK	Dánsko
EPA	Kyselina eikosapentaenová
FAME	Ester mastné kyseliny
FAO	Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství
FFA	Volné mastné kyseliny
FMIR	Technika vícenásobného zeslabeného vnitřního odrazu
FTIR	Infračervená spektroskopie s fourierovou transformací
GC - FID	Plynová chromatografie s plamenově – ionizačním detektorem
GLC	Plynová – kapalinová chromatografie
HPLC	Vysoce účinná kapalinová chromatografie
HTS	Hmotnost tisíce semen
LA	Kyselina linolová
LDL	Low Density Lipoprotein
Me-OH	Methanol
MK	Mastná kyselina
PL	Polsko
ppm	Částic na jeden milion
PUFA	Polynenasycená mastná kyselina

---

SE	Švédsko
S.E.	Standard Error
SDBS	Sodium dodecyl-benzensulfonát
SEM	Směrodatná odchylka průměru
SFA	Nasycená mastná kyselina
SRN	Spolková republika Německo
SU	Sovětský svaz
TAG	Triacylglycerol
ÚKZUZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Camelina sativa dle [8].</i> .....	14
<i>Obr. 2 Semena vzorku lničky z MZLU v Brně na milimetrovém papíře</i> .....	39
<i>Obr. 3 Shimadzu GC 2010</i> .....	42
<i>Obr. 4 Kolona SPB-PUFA</i> .....	42
<i>Obr. 5 Schéma plynového chromatografu dle [60].</i> .....	43
<i>Obr. 6 Schéma plamenového ionizačního detektoru (FID) dle [60].</i> .....	43
<i>Obr. 7 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny tridekanové</i> .....	49
<i>Obr. 8 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny myristové</i> .....	50
<i>Obr. 9 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny palmitové</i> .....	51
<i>Obr. 10 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny stearové</i> .....	52
<i>Obr. 11 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny olejové</i> .....	53
<i>Obr. 12 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny linolové</i> .....	54
<i>Obr. 13 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny <math>\alpha</math>-linolenové</i> .....	55
<i>Obr. 14 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny arachidové</i> .....	56
<i>Obr. 15 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny eikosenové</i> .....	57
<i>Obr. 16 Vliv kombinace hnojení na obsah kyseliny eikosadienové</i> .....	58

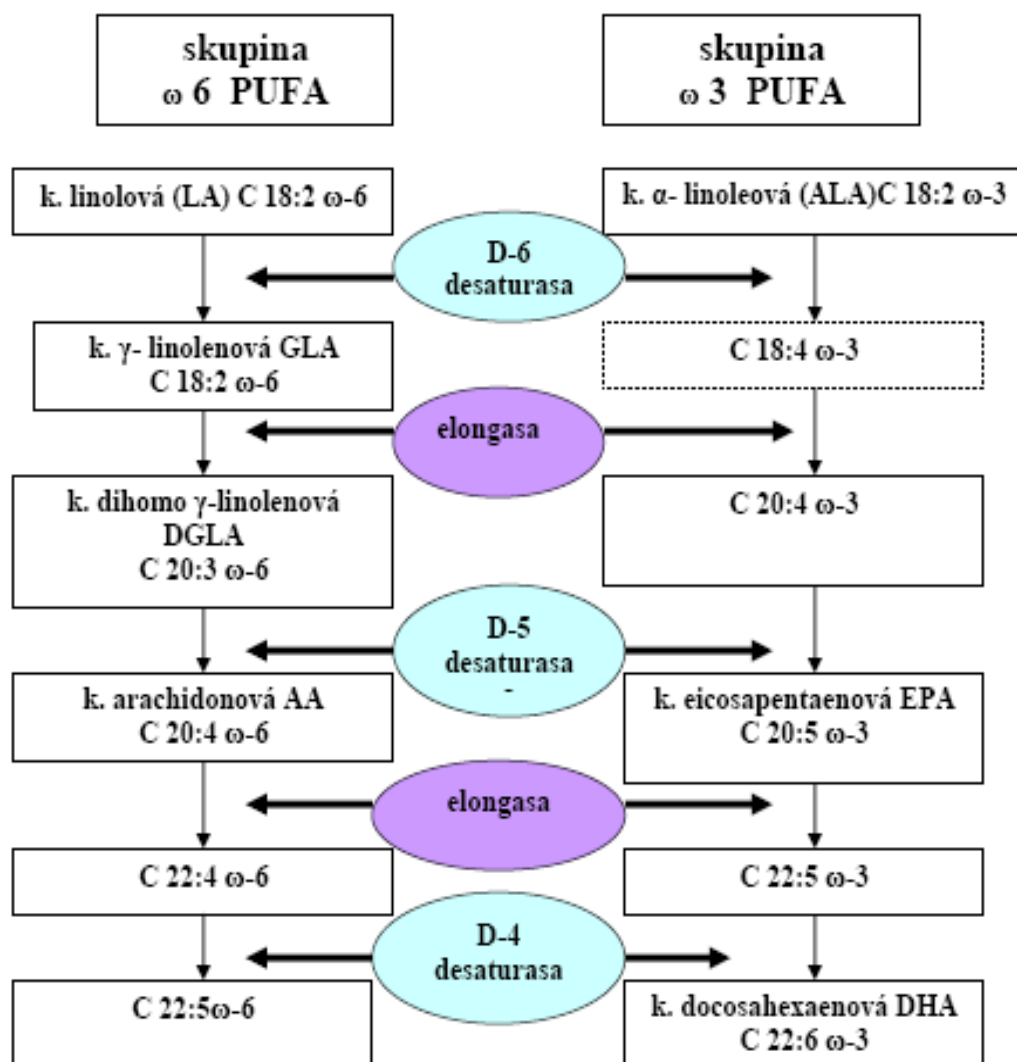
**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Odběr živin sklizní při produkci 1 tuny sušiny lničky seté (kg) dle [1] .....</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 2 Obsah mastných kyselin (g/kg celkového obsahu mastných kyselin) v lničkovém oleji, naměřených v různých studiích dle [20]. .....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 3 Obsah mastných kyselin ve vybraných druzích olejů ve srovnání s lničkou (v % z celkového množství mastných kyselin) dle [5]. .....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4 Procentuální obsah a profil mastných kyselin v rafinovaném, vyběleném a dezodorovaném lničkovém oleji dle [21]. .....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 5 Procentuální obsah kyseliny <math>\alpha</math>-linolenové ve vybraných druzích olejů a potravin [35]. .....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 6 Procentuální obsah vybraných živin a obsah minerálů (ppm) obsažených ve šrotu lničky dle [34]. .....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 7 Dávky hnojení pro jednotlivé pokusné skupiny vzorků .....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 8 Obsah oleje ve vzorcích dle [66] .....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 9 Parametry použité pro měření na GC-FID .....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 10 Mastné kyseliny stanovené při pokusu .....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 11 Zastoupení mastných kyselin (<math>\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}</math>) ve vzorcích lničky s hladinou dusíku N1 a rozdílnými hladinami síry S0 – S3. ....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 12 Zastoupení mastných kyselin (<math>\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}</math>) ve vzorcích lničky s hladinou dusíku N2 a rozdílnými hladinami síry S0 – S3. ....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 13 Zastoupení mastných kyselin (<math>\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}</math>) ve vzorcích lničky s hladinou dusíku N3 a rozdílnými hladinami síry S0 – S3. ....</i>	<i>48</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.I. Obecné schéma metabolismu mastných kyselin ze skupiny  $\omega$  6 PUFA a  $\omega$  3 PUFA
- Příloha č.II. Schéma syntézy mastné kyseliny.

**PŘÍLOHA P I: OBECNÉ SCHÉMA METABOLISMU MASTNÝCH KYSELIN ZE SKUPINY  $\Omega$  6 PUFA A  $\Omega$  3 PUFA DLE [57].**



PŘÍLOHA P II: SCHÉMA SYNTÉZY MASTNÉ KYSELINY DLE [68].

